

LÉCKÖR

71. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

**CSAPADÉKINDEXEK HOSSZÚTÁVÚ
TENDENCIÁI**

**A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG
TÉRHÓDÍTÁSA**

ÚJ RUHÁZATI ELLENÁLLÁSMODELL

AZ AMOC LEÁLLÁSÁNAK HATÁSAI

PÁROLGÁSMÉRÉS

2026. ÁPRILIS



*Szupercellás zivatar
Nagy József, ViharVonal, Baja*



*Vörös lidércek a 4-500 kilométerre lévő balkáni zivatarfelhők felett.
A végső kép két felvétel összeillesztésével készült: az égi háttér hosz-
szú, a lidércek pedig rövid expozícióval lettek megörökítve
Kacs Dávid, Kaposvár*

LÉGKÖR

71. évfolyam 2. szám
2026. április

A HUNGAROMET MAGYAR METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLTATÓ NONPROFIT ZRT. ÉS
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG
SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA

Kiadja a
HUNGAROMET MAGYAR METEOROLÓGIAI
SZOLGÁLTATÓ NONPROFIT ZRT.
1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1.

A kiadásért felel:
a HUNGAROMET NZRT. vezérigazgatója

Készült:
PREMIER Nyomda

Felelős vezető:
Hlinka Károly

ISSN 0133-3666

Készült 500 példányban

Éves előfizetési díja: 45 15 Ft
A Magyar Meteorológiai Társaság
tagjai számára ingyenes.
Megrendelhető a legkor@met.hu címen.



Főszerkesztő: Fejes Edina
Főszerkesztő-helyettes: Tóth Róbert

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

ELNÖK:
Dr. Haszpra László

TAGOK:
Dr. Barcza Zoltán, Dr. Bartholy Judit,
Biróné Dr. Kircsi Andrea, Dr. Bonta Imre,
Dr. Dobi Ildikó, Dr. Gál Tamás, Kolláth Kornél,
Dr. Lakatos Mónika, Dr. Leélössy Ádám,
Péliné Dr. Németh Csilla, Dr. Sarkadi Noémi,
Dr. Somfalvi-Tóth Katalin, Dr. Szépszó Gabriella,
Dr. Szintai Balázs, T. Puskás Márta

Olvasószerkesztő: Fritz Petra
Tervezszerkesztő, grafikus: Szabó Dorottya

TARTALOM

SIMON CSILLA, LAKATOS MÓNICA: Csapadékindexek hosszútávú tendenciái Magyarországon <i>Observed trends of precipitation-related climate indices in Hungary</i>	58
SOMFALVI-TÓTH KATALIN, ANDA ANGÉLA: Adatból döntés, döntésből termés – a precíziós mezőgazdaság térhódítása és a meteorológiai információk használata különböző felhasználói csoportok szerint <i>Data-driven decisions – the rise of precision agriculture and the use of meteorological information across diverse user practices</i>	65
ÁCS FERENC, KRISTÓF ERZSÉBET, ZSÁKAI ANNAMÁRIA: Új ruházati ellenállásmodell a nyári individuális emberi hőterhelés elemzésére <i>A new clothing resistance model for the analysis of individual human thermal load in summer</i>	74
NAGY ALEXANDER, KIS ANNA: Milyen hatása lenne az AMOC leállásának a hőmérsékleti viszonyokra hazánkban és Délnyugat-Norvégiában? <i>What is the potential effect of an AMOC collapse on temperature conditions in Hungary and Southwestern Norway?</i>	82
ÖTVÖS TAMÁS: Párolgásmérés „A” típusú mérőkáddal <i>Evaporation measurement using a class a evaporation pan</i>	88
SZOLNOKI-TÓTIVÁN BERNADETT: 2025/2026 telének időjárása	98
ERDŐDINÉ MOLNÁR ZSÓFIA, KOVÁCS ATTILA VIKTOR: A 2025/2026-os tél időjárása agrometeorológiai szempontból	104
MARTON ANNAMÁRIA, IZSÁK BEATRIX, SZENTES OLIVÉR, SZOLNOKI-TÓTIVÁN BERNADETT: A 2025. év éghajlati elemzése	106
HÍREK	114
A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI	124

SZERZŐKNEK SZÁNT ÚTMUTATÓ

A LÉGKÖR meteorológiai tárgyú, a légkörtudományhoz kapcsolódó tudományos és ismeretterjesztő írásokat, szakmai beszámolókat és rövid ismertetőket, híreket közöl magyar nyelven. A kéziratokat anonim szaklektorok véleménye alapján a szerkesztőbizottság fogadja el. A közlésre szánt írások elektronikus formában nyújthatók be a legkor@met.hu e-mail címen. A cikkekkal kapcsolatos formai elvárásokat a www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/legkor/ oldalon részletezzük.



Csapadékindexek hosszútávú tendenciái Magyarországon

Simon Csilla, Lakatos Mónika

HungaroMet Nonprofit Zrt., simon.cs@met.hu

DOI: 10.56474/légkor.2026.2.1

A csapadék az egyik legfontosabb meteorológiai elem, amelyet térben és időben egyaránt nagy változékonyság jellemez. Az éghajlatváltozás következtében növekszik az időjárási és éghajlati extrémumok gyakorisága, amely nemcsak a hőmérsékleti, hanem a csapadékra vonatkozó szélsőségekben is megnyilvánul. A hatékony felkészülési stratégiák kidolgozásához elengedhetetlen a már bekövetkezett folyamatok minél pontosabb ismerete, amelynek elemzéséhez kulcsfontosságú a jó minőségű, hosszú adatsorok vizsgálata. A klímaváltozás hatásainak kimutatására különböző éghajlati indexeket használunk, amelyek gyakran egy adott küszöbérték átlépésének gyakoriságához köthetők, de vannak olyanok is, amelyek bizonyos feltételek teljesülésének időtartamát jelölik. Ebben a tanulmányban bemutatjuk néhány csapadékindex becsült trendjét Magyarországon az 1901–2024 közötti időszakra.

Observed trends of precipitation-related climate indices in Hungary

Precipitation is one of the most important meteorological elements characterized by high variability in both space and time. As a result of climate change, temperature and precipitation extremes become more frequent. In order to prepare for adaptation to the expected change in climate extremes, it is essential to analyse the observed trends with the use of long high-quality data series. The impacts of climate change can be detected by applying various climate indices, which are often based on predefined thresholds, though some indicate a duration of specific conditions. In this study the observed changes of precipitation-related climate indices are calculated for the period 1901–2024.

Az éghajlatváltozás hatása régiókban is kimutatható a mérési adatsorokból, amely a magasabb hőmérsékletek felé tolódás mellett a csapadékviszonyok megváltozásában is megnyilvánul, mivel a magasabb hőmérsékleten zajló vízciklus hozzájárul a szárazsághoz és a heves csapadékesemények kialakulásához egyaránt (Kim *et al.*, 2024). A melegebb levegő ugyanis több vizgőzt képes megtartani anélkül, hogy telítetté válna,

és felhő-, valamint csapadékképződés történne [1]. Amíg a hőmérséklet egyértelműen emelkedő tendenciát mutat globálisan és régiókban egyaránt (Twardosz *et al.*, 2021), addig a csapadék nagy idő- és térbeli változékonysága miatt annak homogén és egyirányú változása nem mutatható ki. Európában az éves csapadékösszeg megfigyelt (Caloiero *et al.*, 2018) és várható (Coppola *et al.*, 2021) változásának tendenciáját

tekintve észak-déli gradiens mutatkozik meg: míg Észak-Európában növekedés, addig Dél-Európában csökkenés figyelhető meg. Magyarországon az éves csapadékmennyiség országos átlaga 600 mm körül alakul (Szentés, 2023), amelyben csak kismértékű (3,75%-os), nem szignifikáns csökkenés jelenik meg (Marton *et al.*, 2025), viszont a heves esőzések gyakoriságának tendenciája növekszik (Lakatos *et al.*, 2021a), és kevesebb napon fordul elő csapadék (Bartholy és Pongrácz, 2007). A rövid idő alatt lehulló, intenzív csapadék általában konvektív időjárási eseményekhez köthető; Magyarországon a nyári csapadék jelentős része származik záporokból, zivatarokból (Horváth, 2005). Az ország éghajlati adottságainak velejárója az időnként fellépő szárazság is. 2022-ben súlyos aszály sújtotta Magyarországot, amely leginkább az Alföld középső és keleti részét érintette, ugyanakkor a meteorológiai feljegyzések alapján már korábban is előfordultak hazánkban jelentős száraz időszakok (Szentés, 2023). A melegedő nyarak, az egyre gyakrabban fellépő hőhullámos időszakok, valamint a csapadék idő- és térbeli eloszlásának megváltozása azonban növelik az aszályhajlamot. A hosszú ideig tartó szárazság és a rövid idő alatt lehulló, özönvízszerű esőzések súlyos károkat okozhatnak a mezőgazdaságban, a természetes ökoszisztémákban, emellett a vízügyi ágazatot is nagy kihívások elé állítják. A biztonsági kockázatok értékeléséhez és a hatékony alkalmazkodási stratégiák kidolgozásához elengedhetetlen a jövőben várható, és a már bekövetkezett változások irányának és mértékének ismerete is. Az alapvető meteorológiai paraméterek idősorainak vizsgálata mellett fontos az ezekből származtatott éghajlati indexek gyakoriságában megjelenő tendencia vizsgálata is, amely jó indikátora a klímaváltozásnak. Az éghajlati indexek gyakran írnak le szélsőségeket; vannak olyanok, amelyek egy bizonyos küszöbérték alatt vagy felett tartózkodást, vagy időtartamot fejeznek ki. Bokros és Lakatos (2022) cikkében hőség-indexek elemzéséről olvashattunk, ebben a tanulmányban pedig néhány csapadékkal kapcsolatos éghajlati index megfigyelt trendjét mutatjuk be Magyarországon az 1901–2024 közötti időszakra vonatkozóan. További csapadékindexek megtalálhatók a HungaroMet weboldalán [2], ahol az országos átlagok mellett 24 nagyobb településre is letölthetők az eredmények.

Felhasznált adatok és módszertan

Az éghajlati változások tanulmányozásához elengedhetetlen a térben és időben is reprezentatív adatbázisok használata. Elemzésünkhöz a HungaroMet

Éghajlatkutató Osztályán előállított, jó minőségű, MASH szoftverrel homogenizált (Szentimrey, 2008) és MISH módszerrel interpolált (Szentimrey és Bihari, 2007) HuClim adatbázist használtuk fel. A HuClim 10 km-es horizontális felbontással rendelkező, térben és időben egyaránt reprezentatív, méréseken alapuló, napi, rácsponthoz tartozó adatbázis (Izsák *et al.*, 2022). A napi csapadékösszeg adatsorok előállításához különböző időszakokra különböző állomásrendszerek állnak rendelkezésre: 1901-től 131, 1951-től pedig 500 csapadékmérő-állomás adatai alapján történik a homogenizáció és az interpoláció. Az éves és az évszakos csapadékösszegekben megfigyelt változásokról korábbi tanulmányokban már olvashattunk (pl. Lakatos *et al.*, 2021b; Szentés *et al.*, 2024), így ebben a cikkben néhány csapadékindex (1. táblázat) elemzésére fókuszálunk.

Index neve	Definíció
Csapadékos nap	A napi csapadékösszeg ≥ 1 mm
Átlagos napi csapadékinzultás	A csapadékos napokon lehullott csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosa
Egymást követő csapadékos napok maximális száma	Az a leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg ≥ 1 mm
Egymást követő száraz napok maximális száma	Az a leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg < 1 mm
30 mm-t meghaladó csapadékú nap	A napi csapadékösszeg > 30 mm

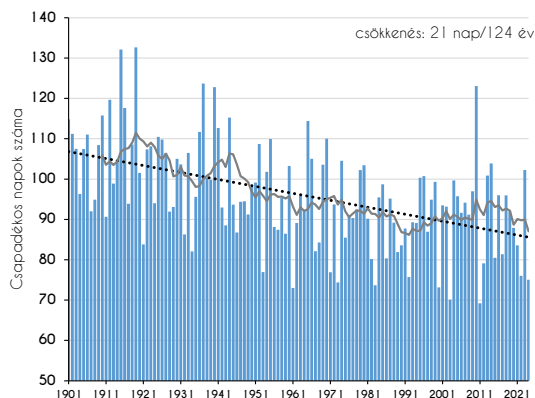
1. táblázat. Az éghajlati indexek definíciói.

A kiválasztott indexek között szerepel olyan, ami az aszályhajlamot, de olyan is, ami a villámárvizek esélyét jellemzi. Ezeket a mutatókat az 1901–2024 közötti időszak napi csapadékösszeg adatsorából számítottuk ki oly módon, hogy az indexek értékét minden rácspontra meghatároztuk, majd ezeket átlagoltuk az egyes évekre, így előállítva az országos átlagot. A változások becslésére lineáris trendmodellt alkalmaztunk, a trend szignifikanciájára vonatkozóan pedig t-próbával hipotézisvizsgálatot végeztünk 0,05 valószínűségi szintre. A trendillesztést a teljes, 1901–2024 időszak mellett egy rövidebb, 1981–2024 közötti időintervallumra is elvégeztük, amely a legintenzívebb globális melegedés időszaka, így ez tükrözi leginkább a jelenlegi tendenciákat.

Eredmények

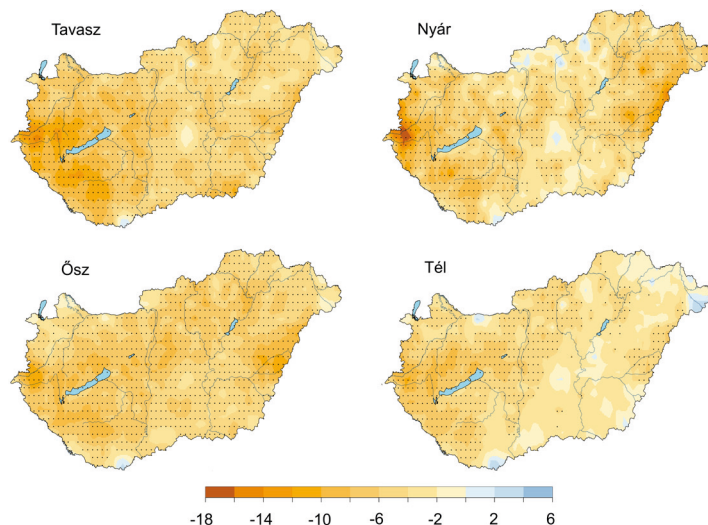
Csapadékos napok

A csapadékos napok éves száma megmutatja, hogy adott évben milyen gyakran fordul elő 1 mm-t elérő csapadék egy rácsponiban. Ezek országos átlagát tekintve 1901 óta szignifikáns, 21 napos csökkenés figyelhető meg lineáris trendet feltételezve (1. ábra). Míg a vizsgált 124 éves időszak elején az évek felében előfordult legalább 100 csapadékos nap, addig az időszak második felében csak az évek egyötödére volt ez jellemző. A legtöbb, 133 csapadékos nap 1919-ben következett be, a legkevesebb pedig 2011-ben, amikor területi átlagban mindössze 70 napon hullott legalább 1 mm csapadék – ez az év volt Magyarországon a leg-szárazabb esztendő a 20. század kezdete óta.



1. ábra. A csapadékos napok számának országos átlaga a becsült lineáris trenddel és a tízéves mozgót-lag görbéjével 1901 és 2024 között.

A csapadékos napok számában bekövetkező változás területi eloszlását tekintve nagy különbségek adódnak az egyes évszakokban (2. ábra). A legjelentősebb, egyben szignifikáns, 14–18 napos csökkenés nyáron jelenik meg az Őrségben és a Vasi-hegyhát vidékén, a keleti határvidéken pedig 10-16-tal csökkent az 1 mm-t elérő csapadékú napok száma 124 év alatt. Ebben az évszakban kismértékű növekedés csak a Kiskunság egyes részein, valamint a Börzsöny, a Mátra és a Bükk hegységek területein mutatkozott meg, de ez a változás nem tekinthető szignifikánsnak. A tavaszi és az őszi csökkenés országsszerte 2 és 12 nap között mozog, és néhány rácsponitot kivéve szignifikánsnak adódott; ennél nagyobb mértékű, 12–16 napos csökkenés csak a Dunántúl nyugati felén jelenik meg tavasszal. A legcsekélyebb változás télen jellemző, ebben az évszakban a Dunántúl nagy részén 6–10 napos, a Körös-vidéken,



2. ábra. A csapadékos napok számának változása napokban kifejezve az egyes évszakokban 1901 és 2024 között Magyarországon lineáris trenddel becsülve. A 95%-os megbízhatósági szinten szignifikáns változást fekete pöttyök jelölik.

a Cserhátban és a Mátraalján 1–6 napos, szignifikáns csökkenés adódott a csapadékos napok számában. A Szamosköz és Krasznaköz területén télen 2–6 napos növekedés, míg a Villányi-hegység déli előterében minden évszakban 1–4 napos növekedés figyelhető meg, de ez a trend nem adódott szignifikánsnak.

Hónap	Lineáris trend (nap)	
	1901 óta	1981 óta
Január	-1	4
Február	-1	4
Március	-2	-3
Április	-3	-4
Május	-1	3
Június	-2	-3
Július	-1	3
Augusztus	-2	-1
Szeptember	-1	3
Október	-3	2
November	-2	1
December	-2	-1

2. táblázat. A csapadékos napok országos átlagának lineáris trendje napokban kifejezve az egyes hónapokban az 1901–2024 és az 1981–2024 időszak alapján. A 95%-os valószínűségi szinten szignifikáns változást pirossal emeltük ki.

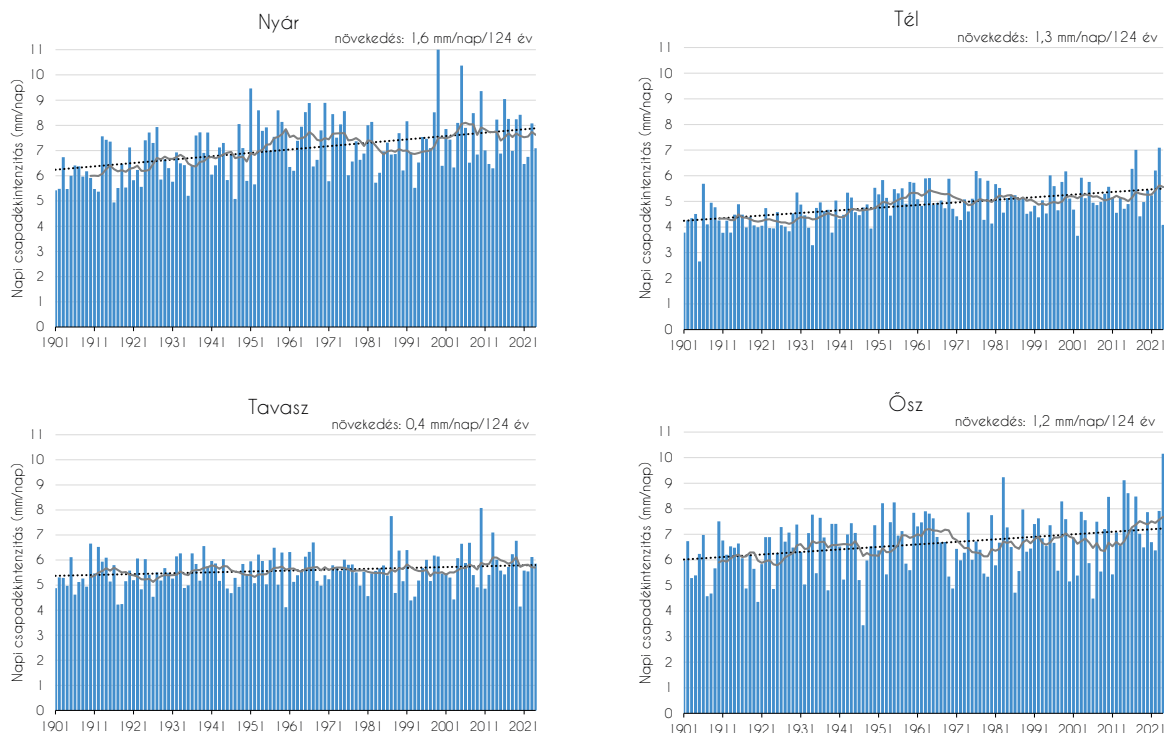
A 2. táblázatban összegezzük a csapadékos napok havi számának országos átlagaira vonatkozó változás mértékét, ami 1901 óta minden hónapban csökkenést mutat. Szignifikáns trend márciusban, áprilisban, júniusban, augusztusban, októberben, valamint decemberben figyelhető meg. A legjelentősebb, 3 napos csökkenés áprilisban és októberben jelentkezik. Ha a rövidebb, 1981 és 2024 közötti időszakot vizsgáljuk, több hónap esetén a csapadékos napok számának növekedését láthatjuk, de statisztikailag szignifikáns változás az utóbbi 43 év alatt egyik hónapra sem jellemző.

Átlagos napi csapadékinintenzitás

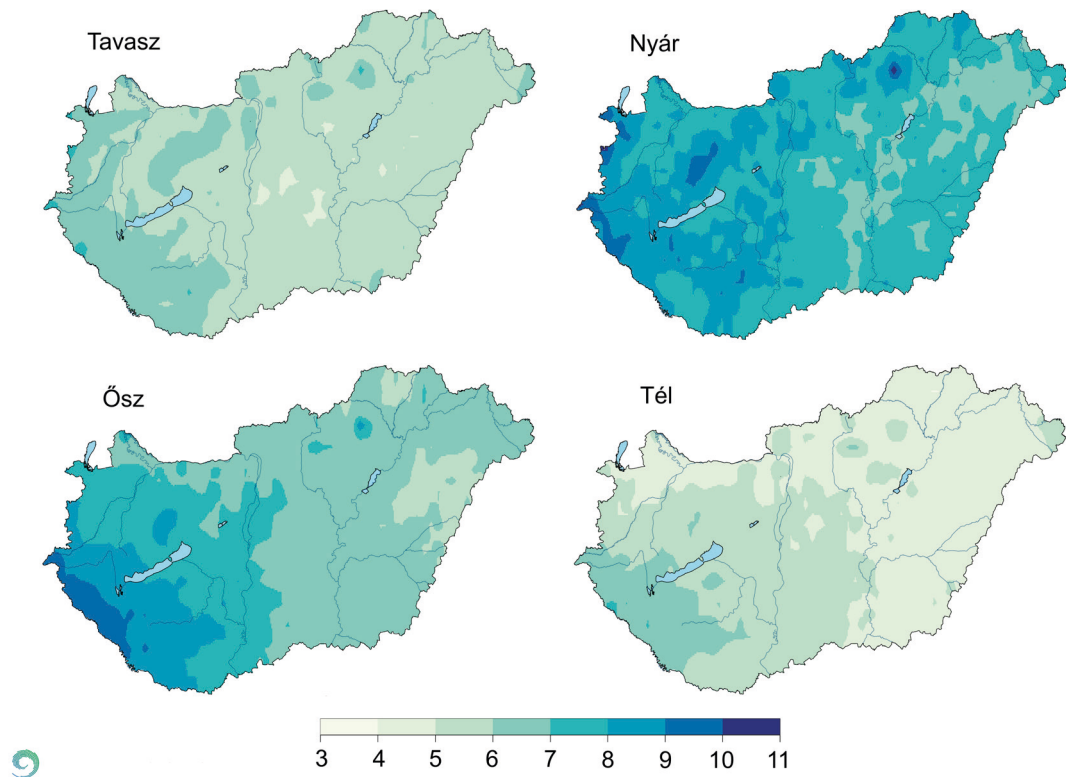
Adott évben a csapadékos napokon lehullott csapadékösszegnek és a csapadékos napok számának hányadosa megadja az átlagos napi csapadékinintenzitást (másképpen átlagos csapadékoság) értékét, amelyre minden évszakban emelkedő tendencia rajzolódik ki (3. ábra). A tavaszi növekedés mértéke a legkisebb, 0,4 mm/nap, a téli és az őszi csapadékinintenzitásra hasonló változás jellemző (1,3 mm/nap és 1,2 mm/nap), és leginkább a nyári intenzitás növekedése figyelhető meg, melynek értéke 1,6 mm/nap

124 év alatt. A változás minden évszakban statisztikailag szignifikánsnak adódott a 20. század elejétől. Az átlagos napi intenzitás növekedése arra utal, hogy nagyjából ugyanaz az éves csapadékösszeg (hiszen annak változása nem szignifikáns) mellett kevesebb napon fordul elő csapadéktevékenység; tehát ritkábban hullik csapadék, de ezeken a napokon nagyobb mennyiség gyűlik össze.

A 4. ábrán szemléltetjük az 1991–2020 közötti normálidőszakra jellemző átlagos napi csapadékinintenzitást az egyes évszakokban. A legmagasabb értékek nyáron jelennek meg, ebben az esetben jól kirajzolódik a csapadék konvektív jellege. A nagyobb tengerszint feletti magassággal rendelkező térségekben (Északi-középhegység, Bakony, Alpokalja) az átlagos napi intenzitás eléri a 9–11 mm/nap értéket, a legkisebb (5–7 mm/nap) pedig a Tisza vonalában és a Nyírségben jellemző ebben az évszakban. Ősszel a keleti országgrészben 5–7 mm/nap, a Dunántúl túlnyomó részén 7–9 mm/nap közötti intenzitás értékek jelennek meg, ennél magasabbak (9–10 mm/nap) a Dráva mentén mutatkoznak. A tavaszi és a téli átlagos intenzitás 3–7 mm/nap között alakul, a két évszakra viszonylag homogén térbeli mintázat jellemző.



3. ábra. Az átlagos napi csapadékinintenzitás országos átlaga az egyes évszakokban a becsült lineáris trenddel és a tízéves mozgóátlag görbéjével 1901 és 2024 között.

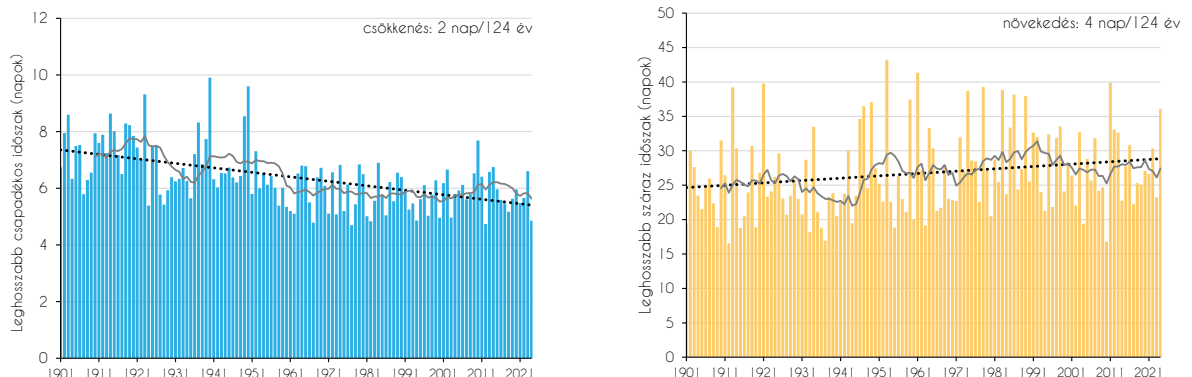


4. ábra. Az átlagos napi csapadékként az egyes évszakokban Magyarországon az 1991–2020 közötti időszakban.

Egymást követő csapadékos és száraz napok maximális száma

Az évente előforduló leghosszabb csapadékos időszak tartama országos átlagot tekintve 124 év alatt 2 nappal csökkent (5. ábra). 1940-ben detektáltuk a legtovább (10 napig) tartó olyan időszakot, amikor a lehullott csapadék mennyisége területi átlagban minden nap elérte az 1 mm-t. A feljegyzések szerint abban az évben júniusban a gyakori ciklonátvonulás

hatására rendkívül csapadékos időjárás uralkodott Magyarországon (Bacsó, 1940), és a mért 838 mm-es évi csapadékösszeg a második legmagasabb értéknek bizonyult 1901 óta (Szentés, 2023). A legrövidebb csapadékos időszak országos átlagban 4,7 napig tartott, ez 1977-ben következett be. A csökkenő trend legnagyobb mértékben ősszel mutatkozik meg, és a változás 1901 óta minden évszakban, valamint éves szinten is szignifikánsnak adódott 95%-os bizonyossággal.

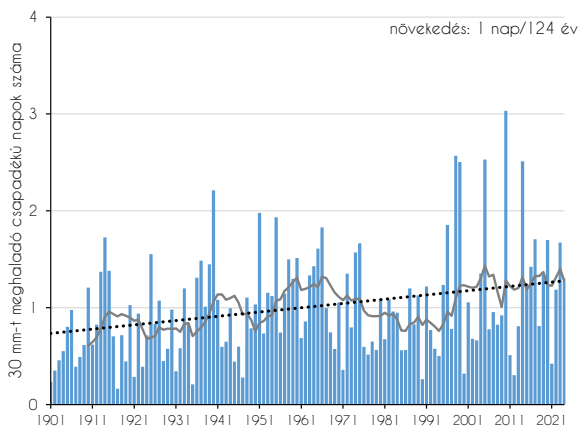


5. ábra. Az egymást követő csapadékos napok (balra) és az egymást követő száraz napok (jobbra) maximális számának országos átlaga a becsült lineáris trenddel és a tízéves mozgóátlag görbéjével 1901 és 2024 között.

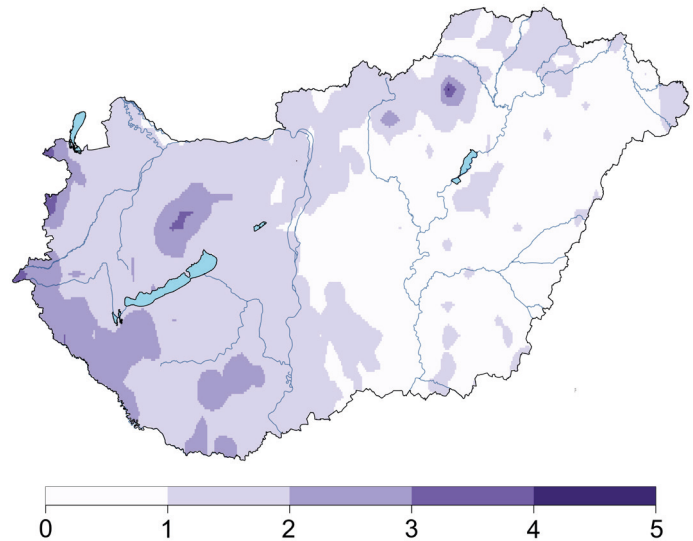
A száraz időszakok hossza országos átlagban szignifikáns, 4 napos növekedést mutat a 20. század kezdete óta (4. ábra). Az egyes évek között nagy változékonyság jellemző: a leghosszabb száraz időszak 1953-ban következett be, amikor 43 napon keresztül nem hullott legalább 1 mm csapadék országos átlagban. A legrövidebbet 1912-ben azonosítottuk, amitől nem sokkal marad el az 1937-es és a 2010-es év sem – mindhárom esetben kerekítve 17 nap az országos átlag. Az évszakok közül ősszel figyelhető meg a legnagyobb mértékű növekedés (4 nap), ezt követi a nyár 2 napos emelkedő trenddel – a változás mindkét esetben statisztikailag szignifikáns. A rövidebb, 1981-től kezdődő időszakot vizsgálva a száraz periódusok ősszel és télen rövidülni, tavasszal és nyáron hosszabbodni látszanak, ez a változás azonban egyik esetben sem szignifikáns.

30 mm-t meghaladó csapadéku napok

Egyre nagyobb figyelem fordul a nagy mennyiségű csapadékkal járó időjárási eseményekre azok káros hatása miatt. Egy-egy intenzív zápor, zivatar gyakran rövid idő alatt (akár kevesebb, mint 1 óra) eredményez több 10 mm csapadékot, ami fennakadásokat okozhat a közlekedésben, növeli a talajerózió kockázatát és a hegyvidéki, valamint a sűrűn beépített területeken villámárvíz kialakulásához is vezethet. Jelentős mennyiségű csapadék összegyűlhet egy nap alatt kisebb intenzitás mellett is, ami kevésbé károsító, mivel a lehulló csapadéknak több ideje van beszivárogni a talajba. Hazánkban emelkedő tendencia mutatkozik meg a nagycsapadékos események számában, ahogyan azt a 6. ábra



6. ábra. A 30 mm-t meghaladó csapadéku napok számának országos átlaga a becsült lineáris trenddel és a tízéves mozgóátlag görbéjével 1901 és 2024 között.



7. ábra. A 30 mm-t meghaladó csapadéku napok számának átlagos éves gyakorisága Magyarországon az 1991–2020 időszakban.

szemlélteti a 30 mm-t meghaladó csapadéku napok országos átlagára vonatkozóan. A tapasztalt változás szignifikánsnak tekinthető.

A vizsgált időszak legkorábbi normál periódusában, az 1901–1930 közötti időszakban az ország nagy részén átlagosan évente legfeljebb 2-szer fordult elő olyan nap, amikor a csapadékösszeg meghaladta a 30 mm-t; ennél többször (3–4 alkalommal) csak az Északi-középhegység legmagasabb részein és a nyugati határ mentén következett be ilyen. Ehhez képest az 1991–2020-as klímanormált tekintve a Dunántúlon, a Duna-Tisza közének délnyugati felén és az északi országrészben nagy területen átlagosan 3–5 ilyen nap fordult elő évente (7. ábra).

Összefoglalás

Jelen tanulmányban csapadékindexek alakulását mutatjuk be Magyarországon. A csapadékos napok éves számának statisztikailag szignifikáns csökkenése mutatkozik meg, a leghosszabb csapadékos időszakok tartamára is csökkenő trend jellemző, amivel párhuzamosan viszont hosszabbodnak a száraz időszakok. Figyelembe véve az utóbbi évtizedek melegedő nyarait és az egyre gyakrabban előforduló intenzív hőhullámokat, ezek együttes fellépése jelentősen növeli hazánkban az aszálykockázatot. Azon napok előfordulási gyakorisága is növekszik, amikor nagy mennyiségű csapadék hullik. Mivel az éves csapadékmennyiség nem változik számottevően,

az eredmények azt tükrözik, hogy nagyjából ugyanannyi csapadék kevesebb nap alatt gyűlik össze. Ennek következtében az átlagos napi intenzitás növekszik, ami minden évszakban megfigyelhető, és a nyári időszakban a legjelentősebb. A csapadékviszonyok időbeli és térbeli megváltozása kimutatható az adatsorokból, ami fontos információt jelenthet a jövőben várhatóan egyre gyakrabban bekövetkező szélsőséges csapadékeseményekre és az elhúzódó száraz időszakokra való felkészüléshez.

A hosszútávú csapadékváltozások szemléltetésére szolgálnak a HungaroMet weboldalán közzétett országos és 24 település csapadék klímaindex sorait bemutató grafikonok [2]. Ebben a tanulmányban ezekből mutattunk be néhányat, kiegészítve a térbeli változások elemzésével.

Irodalomjegyzék

- Bacsó, N., 1940: Magyarország időjárása 1940. június és július havában. *Az időjárás*, 16(7–8), 173–177.
- Bartholy, J. és Pongrácz, R., 2007: regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, 57, 83–95. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.11.002>
- Bokros, K. és Lakatos, M., 2022: Hőségperiódusok vizsgálata Magyarországon a XX. század elejétől napjainkig *Légekör*, 67, 130–140. <https://doi.org/10.56474/legkor.2022.4.4>
- Caloiero, T., Caloiero, P., Fruscati, F., 2018: Long-term precipitation trend analysis in Europe and in the Mediterranean basin. *Water and Environment Journal*, 32, 433–445. <https://doi.org/10.1111/wej.12346>
- Coppola, E., Nogherotto, R., Ciarlo, J.M., Giorgi, F., van Meijgaard, E., Kadyrov, N., Iles, C. et al., 2021: Assessment of the European Climate Projections as Simulated by the Large EURO-CORDEX Regional and Global Climate Model Ensemble. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126, e2019JD032356. <https://doi.org/10.1029/2019JD032356>
- Horváth, Á., 2005: A gomolyfelhőktől a hurrikánokig – a konvekció mint a légkör egyik legfőbb bizonytalansági tényezője. *Magyar Tudomány*, 166(7), 797–804.
- Izsák, B., Szentimrey, T., Lakatos, M., Pongrácz, R., and Szentés, O., 2022: Creation of a representative climatological database for Hungary from 1870 to 2020. *Időjárás*, 126, 1–26. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2022.1.1>
- Kim, S., Wasko, C., sharma, A. and Nathan, R., 2024: The role of regional water vapor dynamics in creating precipitation extremes. *Journal of Hydrology X*, 24, 100181. <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2024.100181>
- Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B. és Szentés, O., 2021a: Globális és hazai éghajlati trendek, szélsőségek változása: 2020-as helyzetkép. *Scientia et Securitas*, 2(2), 164–171. <https://doi.org/10.1556/112.2021.00037>
- Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B., Marton, A. és Szentés, O., 2021b: Megfigyelt éghajlati változások Magyarországon. *Légekör*, 66(3), 5–11.
- Marton, A., Izsák, B., Szentés, O. és Szolnoki-Tótván, 2025: A 2024. év éghajlati elemzése. *Légekör*, 70(2), 120–126.
- Szentés, O., 2023: Szárazság Magyarországon 2022-ben és a múltban. *Légekör*, 68, 9–19. <https://doi.org/10.56474/legkor.2023.1.2>
- Szentés, O., Lakatos, M. and Pongrácz, R., 2024: Precipitation conditions in Hungary from 1854 to 2022. *Időjárás*, 128, 171–193. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2024.2.3>
- Szentimrey, T. és Bihari, Z., 2007: Mathematical background of the spatial interpolation methods and the software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis). In: Proceedings from the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology, Budapest, Hungary, 2004, COST Action 719, COST Office, 17–27.
- Szentimrey, T., 2008: Development of MASH homogenization procedure for daily data, Proceedings of the Fifth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases, Budapest, 2006; WCDMP-No. 71, WMO/TD-NO. 1493, 123–130.
- Twardosz, R., Walanus, A., Guzik, I., 2021: Warming in Europe: Recent Trends in Annual and Seasonal temperatures. *Pure and Applied Geophysics*, 178, 4021–4032. <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02860-6>

Internetes hivatkozások

- [1] https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3200 (2025. 07. 17.)
- [2] https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/csapadekindexek/ (2025. 07. 21.)



Adatból döntés, döntésből termés – a precíziós mezőgazdaság térhódítása és a meteorológiai információk használata különböző felhasználói csoportok szerint

Somfalvi-Tóth Katalin, Anda Angéla

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, Agronómia Tanszék, somfalvi-toth.katalin@uni-mate.hu

DOI:10.56474/legkor.2026.2.2

Az agrárium szereplői vállalkozók: kockázatot viselnek, erőforrásokatallokálnak, döntéseiket a jövedelmezőség vezérli. A precíziós mezőgazdaság egyszerre növeli a hatékonyságot és mérsékli a környezeti terhelést; az agrárdigitalizáció pedig a szájhagyományon alapuló rutinokat adatvezérelt tervezéssé alakítja. Ennek fontos része a meteorológiai információ. Mivel adatok ismeretében a mezőgazdaság fejlesztése biztonságos alapokra helyezhető, a bemutatott kérdőíves feldolgozás célja az eddig alkalmazott meteorológiai ismeretkör felhasználásának, illetve szükséges módosításainak áttekintése az alkalmazói oldal szempontjait figyelembe véve. Kérdőívünk (n=124; ~10 000 ha) eredménye szerint meteorológiai adat főként a növényvédelmi döntésekhez (80,2%), betakarítás (65,1%) és vetés (59,3%) időzítéséhez kell. Domináns médiaforrás az Időkép és a HungaroMet Nonprofit Zrt., de az appok és nemzetközi felületek is gyakoriak. A válaszadók 45%-ának van automata állomása; közülük 81% továbbképzést igényel (adatminőség, telepítés, értelmezés).

Data-driven decisions – the rise of precision agriculture and the use of meteorological information across diverse user practices

Farmers are entrepreneurs: they bear operational risk, allocate resources, and ultimately optimize profitability. Precision agriculture supports this while reducing environmental pressures by improving input efficiency; in parallel, agri-digitalization is replacing tradition-based routines with information- and data-driven planning. Meteorological information is a key enabler. Since data provides a more reliable basis for agricultural development, the purpose of the questionnaire analysis presented here is to review the use of meteorological knowledge applied to date and the necessary improvements, taking into account the perspectives of users. In our survey (n=124; ~10,000 ha), weather data mainly supported plant protection timing (80.2%), harvest (65.1%) and sowing (59.3%). Időkép and HungaroMet were the dominant online sources, alongside apps and international platforms. Overall, 45% of responders operate an automatic weather station; among them, 81% demand further training (data quality, siting, interpretation).

A precíziós mezőgazdaság térhódítása

A precíziós mezőgazdaság kialakulása hosszú, egymásra épülő technológiai és szemléletbeli átmenetek eredménye: a termelési döntések fokozatosan távolodtak a kizárólag tapasztalati alapoktól, és egyre inkább mérési adatokra, majd integrált információs rendszerekre támaszkodtak (Zhang, *et al.* 2002). Az 1930 előtti hagyományos gazdálkodási korszakban az emberi és állati erőforrásokra épülő munkaszervezés dominált. A műveletek döntően helyi tudáson, „jó gazda” megfigyeléseken és többgenerációs rutinokon alapultak. E rendszer belső logikája a stabil, de korlátozott skálázhatóság volt: a beavatkozások térbeli finomhangolása alacsony, a hozamok és a ráfordítások variabilitása ugyanakkor magas maradt, miközben a termelés erősen ki volt szolgáltatva az időjárási ingadozásnak és a termőhelyi heterogenitásnak (Vértesy, 2023). Ebben az időszakban az időjárás megfigyelése szinte kizárólag az országot lefedő meteorológiai állomások adataiból létrehozott bázisra korlátozódott, mely nem volt elérhető minden gazdálkodónak. Az adatok területi felbontása messze nem elégítette ki az eredményes gazdálkodáshoz igényelt felbontást; mikroklima mérések csak néhány helyen és erősen célirányosan történtek. Ezek a mérések főképpen a kutatók igényeit elégítették ki, melyből a gazdák is okulhattak, de nem valószínű, hogy a saját termőhelyeikre közvetlenül adaptálni tudták volna azokat. A megfelelő műszerek, szenzorok és adatgyűjtők megkonstruálása még évtizedeket váratott magára (Fiebrich *et al.* 2020).

A fejlődés második szakaszában, azaz 1930 és 1995 közötti időszakban a gépesítés és az input-intenzifikáció hozta a legnagyobb ugrást a termelékenységben (Vértesy, 2023). A gépi munkavégzés, valamint a műtrágyák és növényvédő szerek széles körű alkalmazása lehetővé tette a nagyobb területű, egységes technológiával művelt táblák kialakítását és a hozamszint általános emelkedését. Ugyanakkor ez a korszak jellemzően az átlagokra optimalizált: a tábla belső változatosságát (pl. talajtextúra, vízháztartás, domborzat, tápanyag-előzettség, foltosított gyomosodás/kórokozónyomás) a technológia sokszor „kiegyenlítő zajt” kezeelte. Ennek következményeként az erőforrás-felhasználás gyakran nem volt arányos a tényleges igényekkel: a túlkezelés és az alulkezelés egyszerre fordulhatott elő ugyanazon táblán belül, ami a költséghatékonyság és a környezeti terhelés szempontjából is kedvezőtlen. Erre az időre tehető az első, nem pontszerű mintavételen alapuló „növényi infra-technika” elméletének kidolgozása, s az alkalmazást lehetővé tevő infrahőm-

rök elérhető, olcsóbb változatának megjelenése. A speciális hőmérővel mért növényhőmérséklet mellett, hogy nem pontszerű mintavétel eredménye, a növény érintése nélküli (intakt), az egész állományra vonatkoztatható integrált értéket volt képes előállítani. Az élő növény érintése nélküli mintavétel azért volt különösen fontos, mert már ismerték, hogy minden érintés befolyásolja a növény életfolyamatait, így torzíthatja a mérési eredményeket. (Anda, 2025).

Új és izgalmas lehetőségként 1995–2017 között a mezőgazdaság egyre inkább belépett az automatizáció korszakába. A GNSS-alapú helymeghatározás, a GIS-szemlélet, a terménytérképezés, valamint a szenzoros megfigyelések (gépadatok, hozammonitorok, kezdetben korlátozott, majd növekvő távérzékelési hozzáférés) lehetővé tették, hogy a táblán belüli variabilitás mérhetővé, térképezhetővé és visszakereshetővé váljon (Vértesy, 2023). Megjelentek az automata kormányzási rendszerek és a munkamínőséget stabilizáló, emberi hibát csökkentő megoldások. A döntéshozatal ugyanakkor sok esetben még ún. „adat-támogatott”, de nem valóban adatvezérelt volt. Vagyis az adatok léteztek, de az integráció, azaz a különböző források összekapcsolása, az oksági értelmezés és a beavatkozások finom, gazdaságilag optimalizált térbeli differenciálása még nem volt általános. Az előző bekezdés példáját követve ebben az időszakban szaporodtak el a hőmérsékleti differencia (növény- és léghőmérséklet) követésén alapuló automata öntözési rendszerek (Ny-Európa, USA), amely a fenntarthatóságot is figyelembe véve víztakarékos (akár napi vízutánpótlással, „csak amennyi feltétlenül szükséges”) és környezetbarát eljárást teremtett (Jones, 1999).

A mai értelemben vett precíziós mezőgazdaságról 2017-től beszélhetünk, ahol a központi cél már konkrétan a helyspecifikus, táblán belül differenciált kezelés: „oda, ahová szükséges, annyit és akkor, amikor indokolt” (Vértesy, 2023). A szemlélet két pilléren nyugszik. Az egyik az üzemi gazdaságosság: az eltérő adottságú táblarészek egységes kezelése hozam- és költségvesztést okozhat. Ahol a termőhelyi korlátok miatt a növény nem reagál megfelelően a kijuttatott inputokra, ott a ráfordítások egy része nem térül meg, míg más területeken éppen a termést korlátozó tényezők maradhatnak kezeletlenül. A másik pillér az egyre erősödő környezeti és szabályozási elvárás: az inputanyagokat hatékonyabban kell felhasználni, mérsékelni kell a veszteségeket, és biztosítani kell a beavatkozások nyomon követhetőségét. A precíziós eszköztár

kiépítése valóban jelentős beruházást igényel, cserébe viszont több adatrétet integrált használatát teszi lehetővé: talajállapot (fizikai-kémiai tulajdonságok, vízháztartás), növényállapot (távérzékelte indexek, állománydiagnosztika), hozam- és minőségterképek, gép- és üzemadatok, meteorológiai információk, továbbá gazdasági/piaci paraméterek. A meteorológiai információk köre belépett a gazdálkodás mindennapjaiba azzal, hogy már nemcsak a szabvány meteorológiai állomásokon, 2 m-en mért adatokat adaptálják a felhasználók a növényállományokra, hanem a mindenkori gazdálkodási célnak megfelelő összeállítású agrometeorológiai állomások kihelyezésére is sor kerülhet. A helyi mérések kiterjesztéséhez a műholdas mérések bevonása járul hozzá. E rétegek együttes értelmezése, a meteorológiai információk növényi adatokkal való kibővítését is magában foglalva, teremti meg a változó dózisu kijuttatás (VRT), a kockázatalapú növényvédelem, az öntözési döntéstámogatás és tágabban a digitális agronómiai menedzsment alapját, ahol a technológia nem önmagáért, hanem mérhető hatékonyság- és stabilitásnyereséget ér el a rendszerbe (Segarra, et al. 2020).

A meteorológiai tényezők szerepe az agrotechnikai döntésmechanismusokban

A precíziós gazdálkodási rendszerekben a meteorológiai információ operatív döntéstámogató erőforrás: a táblaszintű beavatkozások (különösen a növényvédelmi kezelések és a tápanyag-utánpótlás) időzítése nagy érzékenységgel reagál a légköri folyamatokra. A gyakorlat szempontjából kiemelten releváns döntési ablak az agrotechnikai művelet időpontját megelőző 48 óra és a következő 48 óra időszaka, amelyben főként a hőmérsékleti, csapadék- és szélviszonyok közvetlenül befolyásolják az elvégzett agrotechnikai művelet sikerességét, mivel egyszerre hatnak a beavatkozások biológiai hatékonyságára, a kijuttatás fizikai kivitelezhetőségére és a környezeti kockázatokra.

Hőmérséklet – miért kritikus a növényvédelmi döntésekben?

A növényvédő szerek és segédanyagok hatásmechanizmusa gyakran hőmérsékletfüggő, ezért ugyanaz a technológia különböző hőmérsékleti tartományokban eltérő eredményt adhat (Ganie, et al., 2017; Trezzi et al., 2021). Magasabb hőmérsékleten (különösen erős besugárzás mellett) nőhet a fitotoxicitás (növényre gyakorolt mérgező hatás) kockázata: a levélfelület sérülé-

kenyebb lesz, növekedhet a párolgás intenzitása, a permetlé koncentrációja a levélfelületen megemelkedhet, ami „égési tünetekhez” és perzseléshez vezethet. Ezzel párhuzamosan bizonyos hatóanyagoknál a túl magas hőmérséklet a gázosodás/elpárolgás irányába tolhatja a folyamatokat, növelve a veszteséget és a légmozgás általi elsodródás kockázatát (Ouse, et al. 2018). Alacsonyabb hőmérsékleten ezzel szemben gyakori probléma a gyengébb biológiai aktivitás: lassul a kártevők anyageseréje, ezáltal csökkenhet a kontakt hatás hatékonysága, és a szisztémikus készítmények (a növény által felvett, majd a nedvkeringéssel a növényen belül szállítódó hatóanyagok) felszívódása is gátolt lehet, mivel a növény fiziológiai folyamatai (transzspiráció, anyagforgalom) is lassulnak. A hőmérséklet tehát nemcsak a kijuttatás tényét (igen/nem) határozza meg, hanem azt is, hogy mekkora hatékonysággal és kockázattal végezhető el a kezelés.

A léghőmérsékletből származtatható a legegyszerűbb index, a hőmérsékletösszeg (GDD: growing degree day), amely a növények - és számos kártevő - „biológiai órája”. A növényfejlődés egyes szakaszai, a fenológiai fázisok bekövetkezte, vagy akár pl. az érés a felhalmozott napi középhőmérsékletekből származtatható, így akár a növényfejlődés fontos szakaszainak előrejelzéséhez is jól használható. Több változata terjedt el.

Az agrometeorológiai megfigyeléseknél az alap mért meteorológiai elemeken túl érdemes megemlíteni a növényhőmérséklet szerepét, mely a precíziós gazdálkodásban állományhőmérsékletet jelent. A mutató ismeretében az öntözési időpont előrejelzése akár két hőmérővel megoldható; egy infrahőmérő és egy léghőmérsékletet mérő szenzor kell hozzá. A növény helyhez kötöttsége folyamatos energiafelvételi kényszerrel jár, amelytől a víz rendkívül magas fajhője miatt a növény párologtatással (transzspiráció) tud „megszabadulni”. Vízhányánál a helyhez kötöttségi kényszerből fakadó többletenergia a növényt az ember lázához hasonlóan melegíti, de ez a melegedés más információ tartalmú, mint az embernél. Addig, amíg az ember testhőmérséklete közel állandó (36,6 °C), a növényé nem; a növény párolgással úgy módosítja felszínhőmérsékletét, hogy lehetőleg a léghőmérséklet közelében, vagy inkább az alatt maradjon. Ez az „állapot” csak eleget talajnedvesség esetén valósulhat meg. Ha a léghőmérsékletnél magasabb a növény (állomány) felszínhőmérséklete, akkor nem volt elegendő víz, amivel le tudta volna hűteni magát a növény, vízhiány miatt öntözni kell. Ez az ismeret azért hasznos, mert nem más környezeti elemet (pl. a talajt), hanem

magát a növényt vonjuk be a mérésekbe annak vízellátottságáról. A hőmérsékleti differencia a vízhiányról még a látható hervadási tünetek megjelenése előtt nyújt tájékoztatást, amely előnnyel egyetlen korábbi öntözési időpont előrejelző rendszer sem rendelkezett (Anda, 2025). Az eljárás tovább finomítható, ha több, a párolgást befolyásoló meteorológiai elemet is bevonunk (például légnedvesség, szélesebség, globálsugárzás), akkor összetett mutatókat, indexeket képezünk.

A hőmérséklet szerepe túlmutat a növényvédelmen és az öntözésen. Szántóföldön a vetés időzítésénél a talaj- és levegőhőmérséklet egyaránt meghatározza a kelés dinamikáját és az egyöntetűséget, ami később a gyomkonkurenciában, kórtani érzékenységekben és végső soron a termésstabilitásban is visszaköszön. Gyümölcsültetvényekben pedig a minimumhőmérséklet-előrejelzés és a hőmérsékleti inverzió kialakulásának felismerése a fagyvédelem alapja: a kritikus fenológiai fázisokban (rügyfakadás–virágzás) akár néhány tized fok különbség is dönthet a károsodás mértékéről. A helyszíni mérés itt különösen fontos, mert a fagyveszély erősen mikroklíma-függő (mélyedések, talajállapot, szélesebség, felhőzet), és a védekezési technológia (pl. füstölés, légeverés, mikroszórófejes öntözés) megindításához pontos, akár perces időbeli felbontású meteorológiai információkra van szükség.

Csapadék – miért meghatározó a talajállapot és a hatóanyagok sorsa szempontjából?

A csapadék agrotechnikai szempontból első és legfontosabb hatása a mezőgazdasági terület járhatósága. Nedves talajon a munkagépek taposási kárt okoznak: romlik a talajszerkezet, nő a tömörödés, csökken a pórustér, így gyengül a beszivárgás és a gyökérzóna levegőzöttsége. Ez nemcsak az adott műveletet (pl. permetezés, fejtrágyázás, sorközművelés, betakarítás) nehezíti, hanem középtávon terméskorlátozó tényezővé válhat (Hamza and Anderson, 2005; Lipiec and Hatano, 2003). A csapadék tehát közvetlenül beleszól abba, hogy mikortól és meddig lehet biztonságosan rámenni a táblára anélkül, hogy hosszú távú szerkezetromlást idéznénk elő.

A második, legalább ennyire fontos hatás a növényvédő szerek és tápanyagok környezeti terhelése. Friss vegyszeres kezelés után a csapadék lemoshatja a hatóanyagot a levélfelületről, különösen akkor, ha a permetlé száradása és a tapadás nem volt megfelelő, vagy ha az adott készítménynek hosz-

szabb „esőállósági” időablakra van szüksége. Ilyenkor a hatékonyság csökken, miközben a lemosódott anyag a talajfelszínen vagy a talajba jutva más útvonalakon mozog tovább (Cohen and Steinmetz, 1986). A bemosódás a talajba bizonyos esetekben kívánatos (például egyes talajon ható készítményeknél), de gyakran környezeti kockázatot jelent: függ a talaj textúrájától, szervesanyag-tartalmától, a víztelítettségtől, hogy inkább a gyökérzónában lokalizálódik-e, vagy a mélyebb rétegek felé vándorol, növelve a kimosódás lehetőségét, beszennyezve akár közeli felszín alatti vagy feletti víztömböket. Ugyanez igaz a tápanyag-utánpótlásra is: nagyobb csapadékesemények után a nitrogénvesztések (kimosódás, denitrifikáció) fokozódhatnak, ami egyszerre rontja a hatékonyságot és növeli a környezeti terhelést.

A mezőgazdaságot támogató automata állomáshálózat térnyerése

A szabvány meteorológiai megfigyelésen felüli adatgyűjtés, amely a növények növekedését, fejlődését írja le, az agrometeorológiai megfigyelés. Megvalósítói a speciális igények kiszolgálására létrehozott, választott növényi tulajdonságokat is rögzítő agrometeorológiai obszervatóriumok vagy kutatóállomások (Anda és Dunkel, 2000). Meteorológiai állomást az adott helyre reprezentatív területre, megfelelő távolságban helyezük el az állomás céljait kielégítő mennyiségű és minőségű meteorológiai műszerrel ellátva. Tekintettel a mezőgazdasági tevékenység sokszínűségére, az obszervatórium megfigyelési köre is sokrétű; céljai a növények növekedésének detektálásától (pl. tömeggyarapodás mérés) a transzspiráció becsléséig széles kört ölelhetnek fel. Legtöbbször a standard klímaállomás mérési programját egészíthetik ki pl. napfénytartam és fotoszintetikusan aktív sugárzás méréssel, talajhőmérséklet és talajnedvesség detektálással, szélprofil állomáson belüli és kívüli meghatározással, párolgás(ok) szabad vízfelszínen és növényállományokban való követésével, fenofázis- és fenometriai megfigyelésekkel [levélfelület index (LAI), állománymagasság mérése stb.]. A bemutatott széles profilú agrometeorológiai állomások célja nem annyira a gazdálkodói igények kielégítése, hanem a kutatás, oktatás és fejlesztés kiszolgálása. Hátránya, hogy ezek a „központi” állomások nem a gazdálkodó területén, hanem pl. valamely kutatóintézet, vagy egyetem területén üzemelnek, s a helyi igény kiszolgálása csak áttételesen, pl. szaktanácsdó szolgálatok bevonásával lehetséges.

A fenti korlátok és a bemutatott folyamatok, illetve tényezők alapján tehát a gazdálkodók részéről egyre erőteljesebb igény mutatkozik olyan helyi mérőeszközökre, amelyek kellő pontossággal biztosítanak információt az alapvető meteorológiai paraméterekről, és az ezekre épülő speciális figyelmeztetésekre (pl. kártevők megjelenési valószínűsége, rajzás riasztás, gombabetegségek számára optimális környezeti feltételek együttes fennállásának figyelmeztetése stb). Ezt a rövidtávú, helyspecifikus döntéstámogatást a mezőgazdasági célú automata meteorológiai állomáshálózatok képesek magas időbeli felbontással biztosítani. A hazai agrárdigitalizációban meghatározó szereplő a KITE Zrt. állomáshálózatának gyors bővülése: a hálózat 2020 előtt 157 állomással rendelkezett, majd 2020–2025 között ütemes telepítésekkel növekedett (pl. 2022-ben 410, 2023-ban 234 új/telepített egység), és 2025 végére az állomászám meghaladta az 1300-at. Az állomáshálózat gyors bővülését döntően az agrárdigitalizációt ösztönző európai uniós finanszírozási konstrukciók alapozták meg, miközben a gazdálkodói oldalról jelentkező, valós piaci és szakmai igény inkább kiegészítő, erősítő tényezőként járult hozzá a növekedéshez. A KITE Zrt. agrometeorológiai állomáshálózatának fejlődése is azt mutatja, hogy az utóbbi néhány évben vált a gazdák számára is elérhetővé komolyabb agrometeorológiai állomás üzembe helyezésének és karbantartásának lehetősége, amit extra szolgáltatásokkal tesznek vonzóvá az értékesítő cégek. A precíziós mezőgazdaság számára ez kulcsfontosságú, mert applikációkon keresztül a gazda in-situ meteorológiai mérésekhez, és származtatott adatokhoz, információhoz (pl. hőösszeg, várható rajzás, fagyriasztás... stb) jut hozzá.

Fontos kiemelni továbbá, hogy a döntéstámogatás megbízhatósága a minőségbiztosításon áll vagy bukik: a szenzor- és telepítési hibák, valamint a környezeti torzító tényezők kezelése nemzetközi szten-derdekhez kötött, és a közel valós idejű automatikus minőségellenőrzés (QC) a hálózatüzemeltetés alapkövetelménye, amely tényezők még mindenképp fejlesztésre szorulnak.

Meteorológiai adatok felhasználása a mezőgazdaságban – kérdőív bemutatása

A meteorológiai információk mezőgazdasági felhasználásának feltárására strukturált kérdőíves felmérést végeztünk. A kérdőív címe „Adatból döntés, döntésből termés”, amelynek deklarált célja annak

vizsgálata volt, hogy a gazdálkodók milyen meteorológiai adatokhoz férnek hozzá, azokat milyen módon és milyen döntési helyzetekben használják, illetve milyen további igények fogalmazódnak meg a hatékonyabb adatfelhasználás érdekében.

A megkérdezettek köre mezőgazdasági termeléssel foglalkozó szakemberekből állt (agronómusok, gazdálkodók, őstermelők, állattenyésztők). A kérdőívre 124 fő adott választ, akik összesített gazdálkodási területe megközelítőleg ~10 000 ha volt. A résztvevők elérését nem valószínűségi mintavétellel, hanem célzott terjesztési csatornákon keresztül biztosítottuk: közösségi médiafelületek, valamint öregdiák levelezőlisták bevonásával. Feltételezhetően több ezer főt sikerült elérni, ehhez képest a válaszadói hajlandóság alacsony maradt.

A kérdőív összesen 12 kérdésből állt, két tematikus blokkba rendezve. Az általános (demográfiai és gazdaságszerkezeti) kérdések az alábbi témákat fedték le:

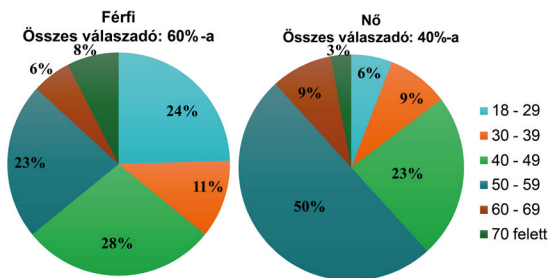
- 1) nem / iskolai végzettség / életkor; 2) gazdálkodási múlt (mióta gazdálkodik); 3) gazdaságméret (hány hektáron gazdálkodik); 4) ágazat megnevezése (szántóföldi növénytermesztés; gyümölcs- és zöldségtermesztés; szőlészet; állattartás; méhészet; vegyes gazdálkodás).

A meteorológiai adatokkal kapcsolatos kérdésblokk a meteorológiai információk tényleges használatát, forrásait és a műszerezettség/kompetencia oldalt vizsgálta:

- 5) használ-e meteorológiai információt a gazdálkodás során; 6) milyen meteorológiai információkat követ nyomon; 7) honnan tájékozódik; 8) milyen típusú döntésekhez használja az információt; 9) rendelkezik-e saját meteorológiai állomással; 10) ismeri-e a mérések megbízhatóságát torzító telepítési/környezeti tényezőket (pl. épületek, fák), és figyelembe vette-e ezeket a telepítés során; 11) a saját adatait felhasználja-e a döntéshozatalban; 12) szükségesnek tart-e továbbképzést/szakértői támogatást a hatékonyabb adatfelhasználás érdekében.

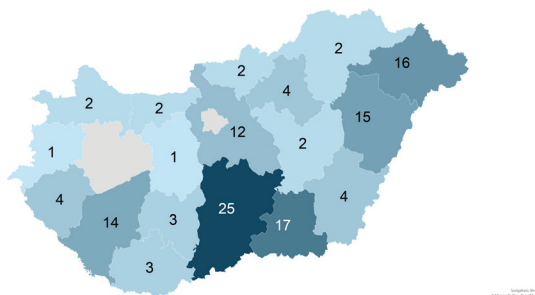
Eredmények a kérdőívre adott válaszok alapján

A demográfiai adatokra érdemes egy-két gondolatot felfűzni. A nemek aránya 60% férfi és 40% nő (1. ábra). Az életkori struktúra nemenként markánsan eltér: a férfi válaszadók körében a 40–49 éves korcsoport a legnagyobb (28%), ezt követi kis lemaradással a 18–29 éves korcsoport (24%) és az 50–59 éves korcsoport (23%), míg a 30–39 (11%) és az idősebb korcsoportok (60–69: 6%, 70 felett: 8%) kisebb súlyt képviselnek. A női válaszadók életkor szerinti megoszlása



1. ábra. A férfi és nő válaszadók korcsoport szerinti megoszlása.

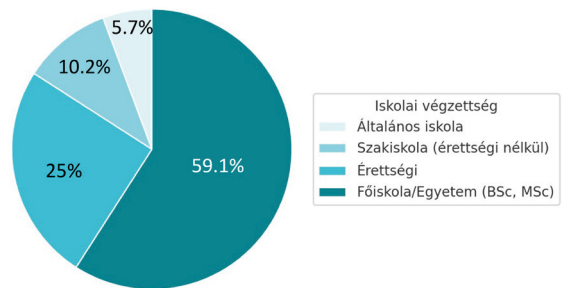
ezzel szemben erősen koncentrált az 50–59 évesekre (50%), a 40–49 évesek aránya 23%, a 30–39 és 60–69 korcsoportok egyaránt 9%-ot tesznek ki, míg a 18–29 (6%) és a 70 felett (3%) alacsony. Ez a szerkezet már előre vetíti, hogy a médiahasználati különbségekben és a technológiai eszközellátottságban részben életkori összetételhatás is megjelenhet.



2. ábra. A válaszadók területi eloszlása, összesen 124 fő és 10.000 hektár lefedettséggel.

A területi eloszlást bemutató 2. ábra a válaszadók megyék szerinti számát közli, és kifejezetten heterogén mintázatot mutat: néhány térség magasabb válaszadói létszámmal jelenik meg (maximum 25 fő, továbbá 17, 16, 15, 14 és 12 fős értékek), miközben több megyében csak 1–4 főnyi válaszadó szerepel. Ezek a kis elemszámú vármegyék statisztikai szempontból fontosak, mert a megyeszintű százalékos mutatók (pl. saját állomás megléte) ilyen esetekben könnyen szélsőséges értékeket vehetnek fel, ezért azok ilyen jellegű elemzését körültekintéssel kell végezni, ezért ezen eredmények közlésétől most el is tekintünk. A válaszadók térbeli eloszlása egyébként hűen tükrözi, hogy a közösségi médiafelületeken aktív, széles elérésű szereplők bevonása a toborzásban hatékonyabban növelheti a részvételt, mint a hagyományosabb csatornák, például az öregdiák elérhetőségi listák.

Az iskolai végzettség megoszlása a 3. ábrán látható: a válaszadók 59,1%-a főiskolai/egyetemi (BSc, MSc) végzettségű, 25% érettségivel rendelkezik,

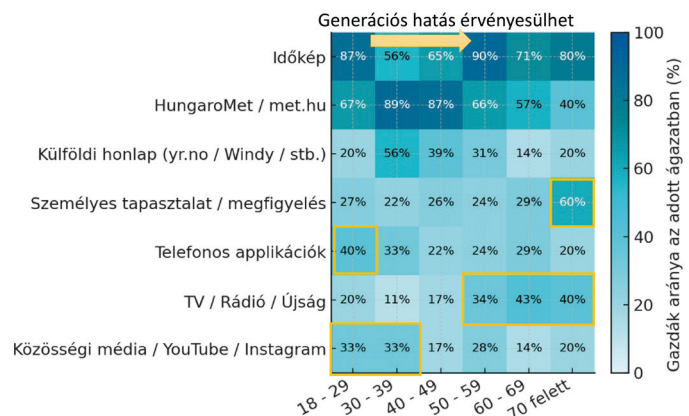


3. ábra. A válaszadók iskolai végzettség szerinti eloszlása (%). A felsőfokú végzettséggel rendelkező válaszadók dominanciája látható. A legalább érettségivel rendelkező válaszadók összesen 84,1%-ot tesznek ki.

10,2% szakiskolai (érettségi nélkül), 5,7% pedig általános iskolai végzettséget jelölt. A minta összetétele alapján valószínűsíthető, hogy a magasabb iskolai végzettségű csoportok aránya a teljes populációhoz képest nagyobb, ami befolyásolhatja az információforrások használatának mintázatát és a technológiai megoldásokkal szembeni attitűdöket.

Információforrás az egyes korcsoportokban

A 4. ábra a médiahasználatot mutatja be korcsoportonként, százalékos hőtérképen. Az Időkép minden korcsoportban magas eléréssel jelenik meg (18–29 éves: 87%, 30–39 éves: 56%, 40–49 éves: 65%, 50–59 éves: 90%, 60–69 éves: 71%, 70 felett: 80%), ami azt sugallja, hogy ez a csatorna kvázi platformszintű tájékozási referencia. Ráadásul egyfajta generációs hatás is megfigyelhető, azaz a fiatalabb, Z-generáció hatással lehet a szüleik médiaválasztási szokásaira, mindkét említett korcsoportban kb. 90%-os

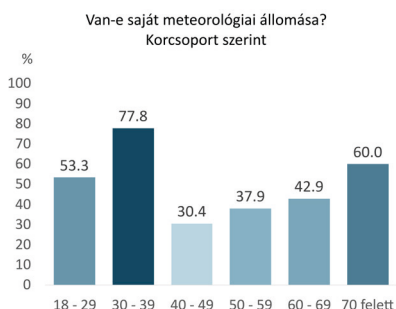


4. ábra. Médiahasználati szokások a meteorológiai információszerezés forrásaiként, korcsoportok szerint.

a nevezett média rendszeres felkeresése. A HungaroMet Zrt. honlapjának (met.hu) látogatása ezzel szemben kifejezetten a középkorosztályokban a leg-erősebb (30–39 éves: 89%, 40–49 éves: 87%), majd fokozatosan csökken idősebb korban (60–69 éves: 57%, 70 felett: 40%); a 18–29 éves csoportban 67% szerepel. A külföldi honlapok (yr.no, Windy stb.) használata leginkább a 30–39 éveseknél ugrik ki (56%), míg a többi korcsoportban jellemzően mérsékelt (különösen 60–69 éves: 14%). A személyes tapasztalat/megfigyelés mint információforrás a 70 feletti körében erősen dominál (60%), míg a fiatalabb korcsoportokban 22–29% között mozog, ami idősebb korban a megfigyelésen alapuló döntési heurisztikák erősödésére utal. A telefonos applikációk használata a 18–29 éveseknél a legmagasabb (40%), majd általános csökkenő trendet mutat (70 év felett: 20%), ami klasszikus digitalizációs életkori gradienst mutat. A TV-, rádió- és újságcsatornák szerepe az életkorral nő (30–39 éves: 11% → 60–69 éves: 43%, 70 felett: 40%), míg a közösségi média/YouTube/Instagram a fiatalabbaknál relatíve erősebb (18–29 és 30–39 éves: 33%), és idősebb korban visszaesik (60–69 éves: 14%).

Saját meteorológiai adatok felhasználása

A válaszadók közel fele (45%) rendelkezik meteorológiai állomással, ami a valós helyzethez képest kedvezőbb képet és arányt mutat, hiszen a meteorológiai állomással rendelkező gazdálkodók feltételezhetően nagyobb kedvvel válaszoltak, és sokkal inkább magukénak érezték a kérdőívet. Korcsoport szerint (5. ábra) a legmagasabb arány a 30–39 éveseknél jelenik meg (77,8%), ezt követi a 70 év feletti csoportja (60,0%) és a 18–29 éveseké (53,3%). A legalacsonyabb érték a 40–49 éves korosztályhoz tartozik (30,4%), míg az 50–59 (37,9%) és 60–69 (42,9%) köztes pozíciót

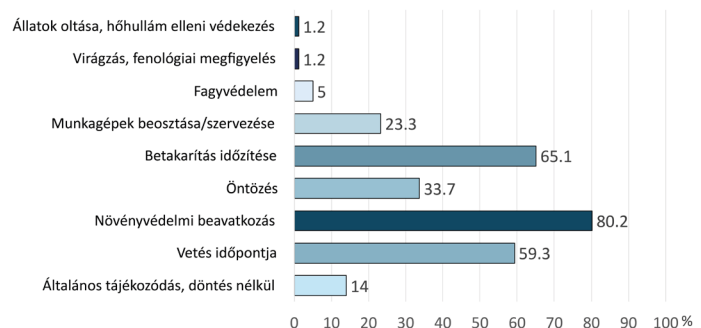


5. ábra. Saját meteorológiai állomás megléte a válaszadók százalékában (%), korcsoportok szerint.

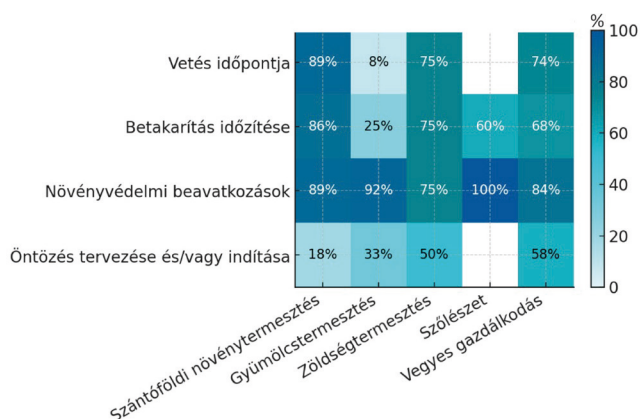
foglal el. Ez a mintázat nem generációk szerint lineáris, hanem inkább életciklushoz és gazdaság-szerkezethez kötött jelenséggént olvasható: bizonyos korcsoportokban nagyobb lehet a beruházási hajlandóság, illetve a döntéstámogatási eszközök integráltsága, míg más csoportoknál a meteorológiai információ inkább szolgáltatásokon keresztül jelenhet meg.

Fontos információ, hogy a gazdaság mérete (ha) nem volt meghatározó abból a szempontból, hogy rendelkezik-e saját meteorológiai állomással, vagy sem.

A 6. ábra azt mutatja, hogy mely agrotechnikai műveletek előtt alkalmaznak a gazdák meteorológiai információt döntéstámogatásra. A legmagasabb arány a növényvédelmi beavatkozásoknál jelenik meg (80,2%), ami jól illeszkedik ahhoz, hogy a kezelések hatékonysága és kockázata (szél, csapadék, hőmérséklet, permetlé-sodródás, lemosódás) közvetlenül időjárásfüggő. Ezt követi a betakarítás időzítése (65,1%) és a vetés időpontja (59,3%), amelyeknél a talajállapot, a csapadék-előzmények és a rövid távú előrejelzés kritikus. Az öntözés esetén 33,7% jelzi a meteorológiai információk használatát, ami arra utal, hogy az öntözési döntések egy része még nem (vagy nem kizárólag) meteorológiai alapon történik, illetve az öntözés nem minden gazdaságban releváns. Itt fontos megemlíteni, hogy a KSH adatai szerint 2023-ban az öntözhető terület 258 ezer ha (a mezőgazdasági terület ~5,1%-a), és ebből 154 ezer ha-t öntöztek ténylegesen a 2022. június–2023. június időszakban. Látható tehát, hogy a válaszadók között magasan reprezentálták magukat, akik vízutánpótlást végeznek a mezőgazdasági tevékenységük során. A munkagépek beosztása/szervezése 23,3%-kal közepes jelentőségű, míg az általános tájékozódás, döntés nélkül kategória 14%-ot tesz ki, jelezve, hogy van egy olyan válaszadói csoport, amely fogyaszt időjárési információt, de azt nem transzformálja explicit műveleti döntéssé. A fagyvédelem (5%) és a virágzás/fenológiai megfigyelés



6. ábra. a meteorológiai információk felhasználása a különböző agrotechnikai műveletek során, a válaszadók százalékos arányában (%).



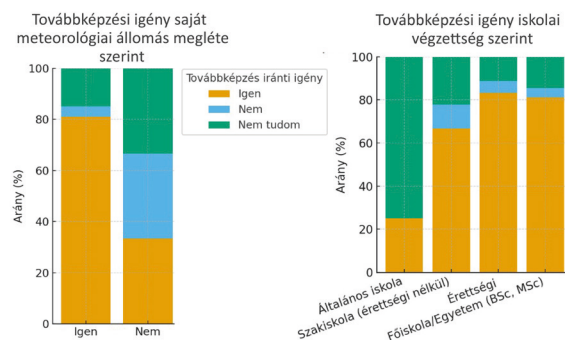
7. ábra. A meteorológiai információk felhasználása négy különböző agrotechnikai művelet és a mezőgazdasági ágazatokat reprezentáló mátrixban, a válaszadók százalékos arányában (%).

(1,2%), illetve állatok oltása, hőhullám elleni védekezés (1,2%) alacsony értékei erősen tükrözik az adott ágazat részarányát a teljes felmérésben. Ugyanakkor a gyümölcs- vagy zöldségstermesztéssel foglalkozók 100%-a alkalmazza a meteorológiai információkat a fagyvédelem elleni küzdelemben.

A négy legnagyobb arányban megjelenő agrotechnikai beavatkozást részletesebben is vizsgáljuk meg. A 7. ábra az ágazatok és a fő döntéstípusok kapcsolatát hőtérképen mutatja be. A növényvédelmi beavatkozások minden ágazatban magas arányt érnek el: szántóföldi növénytermesztés 89%, gyümölcsstermesztés 92%, zöldségstermesztés 75%, szőlészet 100%, vegyes gazdálkodás 84%. Ez a legkonzisztensebb, „ágazatfüggetlen” használati terület. A vetés időpontjának meghatározása szántóföldön 89% és zöldségesben 75%, vegyes gazdálkodásban 74%, míg gyümölcsösben 8%; a különbség funkcionális, mivel a vetés, mint döntés ültetvényeknél nem központi elem. A betakarítás meteorológiai időzítése szintén magas szántóföldön (86%) és zöldségesben (75%), közepes szőlészetben (60%) és vegyes gazdálkodásban (68%), alacsonyabb gyümölcsösben (25%); ez utóbbi értelmezhető úgy, hogy a gyümölcsösökben a betakarítás időzítését gyakran nem kizárólag meteorológiai, hanem piaci és érettségi/fenológiai tényezők is erősen determinálják. Az öntözés tervezése és/vagy indítása esetén a legmagasabb arány a vegyes gazdálkodásban (58%) és a zöldségstermesztésben (50%), közepes gyümölcsösben (33%), alacsony szántóföldön (18%). Az ábra egészében azt jelzi, hogy a meteorológiai adatfelhasználás ágazattól függetlenül a növényvédelem tekintetében, míg az öntözés már sokkal inkább ágazat- és technológiafüggő differenciáló tényező.

A kérdőív végén kitértünk arra az égető kérdésre, hogy a gazdák mennyire mozognak otthonosan a meteorológiai információk felhasználása terén, illetve, ha nem, akkor van-e igény továbbképzésekre, esetleg valamiféle útmutatóra. A továbbképzési igényt a 8. ábra két metszetben bontja ki. Saját meteorológiai állomás megléte szerint (8. ábra, balra) a továbbképzést igénylők aránya a saját állomással rendelkezők között kiugróan magas: megközelítőleg 81% választott igennel, kb. 4% nemmel, és kb. 15% bizonytalan („nem tudom”). A saját állomással nem rendelkezők csoportjában ezzel szemben közel egyenletes megoszlás látszik: nagyjából egyharmad igényelne továbbképzést, egyharmad nem igényelné, és egyharmad nem tudja megítélni. Ez a kontraszt arra utal, hogy a műszerezettség elérése után a felhasználók gyorsan szembesülnek az adatértelmezés, telepítés-minőség, adatintegráció és döntési transzformáció gyakorlati nehézségeivel, míg a műszerezetlen csoportban a hasznosság és a szükséglet még kevésbé jelenik meg.

Az iskolai végzettség szerint (8. ábra, jobbra) a továbbképzési igény egyértelműen megjelenik a középszintű és felsőfokú végzettségi szinteken: érettségivel kb. 82% jelez igényt (7% nem, és 11% bizonytalan), főiskola/egyetem végzettséggel kb. 79% igényelné a továbbképzést, míg csak 6% nem, és 15% a bizonytalan. A szakiskolai (érettségi nélküli) csoportban a továbbképzést igénylők aránya 65%, míg a nem válaszok aránya 13%, a bizonytalanok pedig 22%-ot tesznek ki. Az általános iskolai végzettségűeknél a bizonytalanság dominál: 76% „nem tudom”, és csak 24% igényelne képzést. Az ábra így azt a gyakorlati szempontból kritikus mintázatot erősíti meg, hogy a magasabb végzettség nem csökkenti a képzési igényt, inkább konkretizálja azt, míg az alacsonyabb végzettségi szinteken a szükséglet felismerése és megfogalmazása is támogatást igényel.



8. ábra. A továbbképzési igény megjelenése a válaszadók között (%) a meteorológiai állomás megléte (balra) és az iskolai végzettség szintje (jobbra) szerint.

Záró gondolatok

Alapvetően a gazdák ma már nem terményt, hanem profitot termelnek, és ehhez szorosan illeszkedik a precíziós mezőgazdaság profitorientált szemlélete: a helyspecifikus menedzsment egyszerre képes a ráfordítások hatékonyságát növelni és a környezeti terhelést mérsékelni, miközben a gazdálkodó – vállalkozóként – elsődlegesen üzemi eredményben gondolkodik. Az itt bemutatott ismeretek alapján a mezőgazdaság az elmúlt években látványos paradigmaváltáson ment keresztül: a korábban domináns, tapasztalati („szájhagyományra” épülő) döntési rutinokat egyre inkább a mérési adatokra és digitális információkra támaszkodó döntéshozatal váltja fel. Ugyanakkor a technológiai ugrás nem tekinthető homogénnek: a digitalizációs átállás üteme és mélysége gazdaságonként, térségenként, valamint kompetencia- és eszközellátottság szerint is jelentős különbségeket mutat.

A kérdőíves eredmények egyik kulcsüzenete, hogy a meteorológiai információk ma már széles körben megjelennek a gyakorlati műveltervezésben, ennek ellenére a műszerezettség szintje összességében alacsony, és sok termelő nehezen igazodik el a különböző szenzoros megoldások, applikációk és szolgáltatók kínálatában. Ez a helyzet nem pusztán hozzáférési kérdés: a hasznosíthatóságot az adatminőség, az értelmezési keretek és a felhasználói kompetenciák együttesen korlátozhatják, így az információ „jelenléte” önmagában nem garantálja a döntések konzisztens javulását. Ehhez szorosan kapcsolódik a kérdőíves felmérés alapján az az üzenet, hogy markáns továbbképzési igény jelentkezik a gazdák oldalán, különösen azok körében, akik már használnak meteorológiai adatot, továbbá erős elvárásként jelenik meg a szakértői támogatás és a kifejezetten gyakorlatorientált képzés. Következtetésünk szerint a következő fejlődési lépcső kulcsa a célzott agrometeorológiai szolgáltatások kínálata, amely közérthető nyelven kommunikáló, valós idejű, rendkívül egyszerű (igen/nem típusú) döntéstámogató alkalmazások és riasztások, valamint kártevő- és betegség-előrejelzések kombinációjaként jelenik meg, amelyek nem párhuzamos információként futnak, hanem ténylegesen beépülnek a mindennapi gazdálkodási folyamatokba.

Irodalomjegyzék

- Anda, A. és Dunkel, Z., 2000: Agrometeorológia. Egyetemi jegyzet. Veszprémi Egyetem, Keszthely, 127.
- Anda, A., 2025: Az aszály keletkezésének okai és mechanizmusai. In: Gyuricza, C. és Zsembeli, J. (szerk.): Aszálykezelési stratégiák

a mezőgazdaságban. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 26–42.

- Anda, A., 2025: A precíziós gazdálkodás klimatológiai aspektusai. In: Balla, I. és Milics, G. (szerk.): Precíziós gazdálkodás a szántóföldi növénytermesztésben. Jövedelmezőség és termésbiztonság a XXI. században. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 329–342.
- Cohen, M. L. and Steinmetz, W. D., 1986: Foliar washoff of pesticides by rainfall. *Environmental Science & Technology* 20, 521–523. <https://doi.org/10.1021/es00147a014>
- Fiebrich, C., Brinson, K., Mahmood, R., Foster, S., Schargorodski, M., Edwards, N. L., Redmond, C. A., Atkins, J. R., Andresen, J. and Lin, X., 2020: Toward the Standardization of Mesoscale Meteorological Networks. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 37, 2033–2049. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-20-0078.1>
- Ganie, Z. A., Jugulam, M. and Jhala, A. J., 2017: Temperature influences efficacy, absorption, and translocation of 2,4-D or glyphosate in glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) and giant ragweed (*Ambrosia trifida*). *Weed Science* 65, 588–602. <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.32>
- Hamza, M. A. and Anderson, W. K., 2005: Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research* 82, 121–145. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.08.009>
- Jones, H. G., 1999: Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid to irrigation scheduling. *Agricultural and Forest Meteorology* 95, 139–149. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00030-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00030-1)
- Lipiec, J. and Hatano, R., 2003: Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma* 116, 107–136. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00097-1)
- Ouse, D. G., Gifford, J. M., Schleier, J., III, Simpson, D. D., Tank, H. H., Jennings, C. J., Annangudi, S. P., Valverde-García, P. and Masters, R. A., 2018: A new approach to quantify herbicide volatility. *Weed Technology* 32, 691–697. <https://doi.org/10.1017/wet.2018.75>
- Segarra, J., Buchailot, M. L., Araus, J. L. and Kefauver, S. C., 2020: Remote Sensing for Precision Agriculture: Sentinel-2 Improved Features and Applications. *Agronomy* 10, 641. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050641>
- Trezzi, M. M., Alcántara-de la Cruz, R., Rojano-Delgado, A. M., Alcántara, E., Pagnoncelli, F. D. B., Jr., Viece, M., Diesel, F., Pacheco, V. and De Prado, R., 2021: Influence of temperature on the retention, absorption and translocation of fomesafen and imazamox in *Euphorbia heterophylla*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 173, 104794. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104794>
- Vértesy, L., 2023: Precíziós mezőgazdaság: helyzetkép és gazdasági megfontolások. Műhelytanulmány. MATE Press, Gödöllő. <https://doi.org/10.54597/mate.0092>
- Zhang, N., Wang, M. and Wang, N., 2002: Precision agriculture—a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture* 36, 113–132. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0)

Internetes hivatkozások

- [1] <https://www.kormany.hu/en/ministry-of-agriculture> Időpont: 2026. február 28.
- [2] <https://www.nak.hu> Időpont: 2026. február 28.
- [3] <https://www.agroinform.hu> Időpont: 2026. február 28.



Új ruházati ellenállásmodell a nyári individuális emberi hőterhelés elemzésére

Ács Ferenc, Kristóf Erzsébet, Zsákai Annamária

ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, acs@staff.elte.hu

DOI:10.56474/légkor.2026.2.3

E munkában bemutatunk egy új ruházati ellenállás modellt, amely alkalmazható az individuális nyári emberi hőterhelés számszerűsítésére. A modellt ruházati termikus és párolgási ellenállás modulok alkotják. A modellt testtömeg-mérések alapján becsüli az izzadás mértékét, és leírja a ruházati termikus, illetve párolgási ellenállás hőszabályozó izzadástól való függését. A megfigyeléseket egy személy végezte Martonvásáron, 2023 nyarán. Az észlelő feküdt, minimális ruházatot viselve. Ha az izzadás mértéke nagy (0,5 kg/30 perc), akkor a ruházati termikus és párolgási ellenállás kicsi (0,2-0,6 clo), és fordítva, ha az kicsi (0,1 kg/30 perc), akkor a ruházati termikus és párolgási ellenállás nagy (4 clo feletti). A kapcsolat mindkét esetben exponenciálisan csökkenő regressziós függvényekkel jellemezhető. Ha nagy a besugárzás és reakcióképpen az izzadás mértéke is nagy, a szimulált ruházati termikus ellenállás értékek 0 clo körül vannak, ami a besugárzással járó hőtöbblet sikeres ellensúlyozását jelenti.

A new clothing resistance model for the analysis of individual human thermal load in summer

In this work, we present a new clothing resistance model that can be used to quantify the individual summer human thermal load. The model consists of clothing thermal and evaporative resistance modules. The model estimates the amount of sweating based on body weight measurements. The model characterizes the dependence of clothing thermal and evaporative resistances on thermoregulatory sweating. The observations were made by one person in Martonvásár in the summer of 2023. The observer was lying down wearing minimal clothing. If the rate of sweating is high (0.5 kg/30 minutes), then the thermal and evaporative resistance of clothing is low (0.2-0.6 clo), and conversely, if it is low (0.1 kg/30 minutes), then the thermal and evaporative resistance of clothing is high (above 4 clo). In both cases, the relationship can be characterized by exponentially decreasing regression functions. If the radiation is high and, as a reaction, the amount of sweating is also high, the simulated clothing thermal resistance values are around 0 clo, which means that the excess heat associated with radiation is successfully offset.

Az első ruházati ellenállás modellek energiaegyenlegen alapuló termikus ellenállás (hőtranszporttal szembeni ellenállásról van szó) modellek voltak és a múlt század 70-es éveiben jelentek meg (Auliciems and de Freitas, 1976; Yan and Oliver, 1996; Yan, 2005). Ács és mtsai. követték e modellek filozófiáját, de az emberi test hőterhelésének becslésére szolgáló ruházati termikus ellenállás ($r_{cl,t}$) számítását másképpen végezték (Ács et al., 2021), mint az előbbi szerzők (Burton and Edholm, 1955; Yan and Oliver, 1996). Megmutatták, hogy az $r_{cl,t}$ jelentős mértékben függ a humán tényezőktől (Ács et al., 2019, 2021, 2022, 2023) is. E modellekben az izzadás mértékét, mint bemenő változót nem használtuk, így a nagy hőtöbblettel járó klímákban vagy időjárás helyzetekben nem volt alkalmazható (ekkor az $r_{cl,t}$ értéke negatív), mivel az energiaegyenleg nem teljesült.

Az előbbi probléma csak úgy oldható meg, ha mérés-sel becsüljük az izzadás mértékét. Ezzel a modell termikus ellenállás modulja kiegészül egy párolgási ellenállás modullal. Mindkét modul a komfortos ruházat karakterisztikáit jellemzi. A komfortos ruházat az, amelynek hőszigetelő képessége mindig biztosítja az emberi test és a környezete közötti hőegyensúlyt, valamint, amelynek vízgőztranszporttal szembeni ellenállása mindig lehetővé teszi azt, hogy a ruházat száraz maradjon.

A megfigyelések során nagy volt a környezeti hőtöbblet. A megfigyeléseket 2023. június 12–október 2. közötti időszakban végeztük. A megfigyelő aktivitása: éber megfigyelés fekvő helyzetben, ruházata: a viselkedési normáknak megfelelő minimális ruházat.

E tanulmány céljai a következők: 1) az új ruházati termikus és párolgási ellenállás modell bemutatása, 2) az adatgyűjtés módszertanának leírása, 3) a modelleredmények ismertetése és elemzése, valamint 4) az $r_{cl,t}$ értékeknek a hőszabályozó izzadás mértékétől való függésének elemzése.

Alapvető eszközök

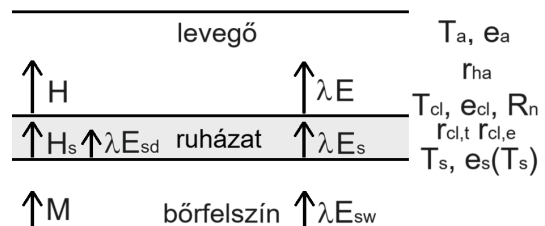
Megfigyeléseink, méréseink során a következő eszközöket használtuk: 1) napozómatracal rendelkező nyugágy, 2) Orion gyártmányú házi mérleg. Az eszközök képei Ács et al. (2024a) munkájának 1. ábráján láthatók. A házi mérleg mérési pontossága 0,1 kg.

A ruházati ellenállás modell

Alapegyenletek

A modell az energiaegyenleg alkalmazásán alapuló 1-rétegű ruházati ellenállás modell (Campbell and

Norman, 1998; Katić et al., 2016). A ruházat szorosan tapad az emberi testhez, alulról (bőrfelszín) az emberi testből felszabaduló metabolikus hőáramsűrűség és vízáramsűrűség (verejtékezés), míg felülről (ruhafelszín) a környezeti hőtöbblet vagy hőhiány terheli. Az energiaegyenlegek jellemzik a belépő és a kilépő hőáram-sűrűségeket a ruházat és a légkör (a ruhafelszín), valamint a ruházat és a bőrfelszín határán. A ruházat hőtartalom-változását nem vettük számításba. A ruházat paraméterei: a hőszigetelő képessége (a hőtranszporttal szembeni ellenállása), a nedvességszigetelő képessége (a víztranszporttal szembeni ellenállása) és a sugárzásátvitelt meghatározó tulajdonságai (albedó, emisszivitás). Az előbbi két paraméter a környezeti hőterhelés és az izzadás mértékének függvényében változik, és jellemzi az egyén és az időjárás közötti kapcsolatrendszer. A ruházatnak komfortosnak kell lennie, azaz, benne jó kell éreznünk magunkat. Ez azt jelenti, hogy mindig száraznak kell maradnia függetlenül a verejtékezés mértékétől, és nem szabad éreznünk benne sem hőtöbbletet, sem hőhiányt, függetlenül attól, hogy milyen az aktivitásunk és mekkora a környezeti hőterhelés. Ennyire ideális ruházat a valóságban nincs, így a modellünkkel becsült ruházati paraméterek egy képzeletbeli ruházat paraméterei. A ruházat sugárzási tulajdonságai a modell bemenő paraméterei. A képzeletbeli ruházat hőtranszportjainak és állapotathatózóinak sematikus rajza az 1. ábrán látható.



1. ábra. A képzeletbeli ruházatot jellemző hő- és nedvesség-transzportok és állapotathatózóik. H - a ruhafelszín és a levegő közötti szenzibilis hőáramsűrűség, λE - a ruhafelszín és a levegő közötti látens hőáram-sűrűség, T_a - a levegő hőmérséklete, e_a - a levegő parciális vízgőznyomása, T_{cl} - a ruhafelszín hőmérséklete, e_{cl} - parciális vízgőznyomás a ruha felszínén, R_n - a ruhafelszín sugárzási egyenlege, r_{ho} - a ruhafelszín és a levegő közötti hőtranszportra vonatkozó aerodinamikai ellenállás, H_s - a bőrfelszín és a ruházat közötti szenzibilis hőáram-sűrűség, λE_{sd} - a bőrfelszín és a ruházat közötti száraz bőrfelszíni párolgás, λE_{sw} - a bőrfelszín és a ruházat közötti nedves bőrfelszíni párolgás, vagy másképpen: a hőszabályozó izzadás látens hőáram-sűrűsége, T_s - a bőrfelszín hőmérséklete (34°C), $e_{s(TS)}$ - a T_s hőmérsékletre tartozó telítési parciális vízgőznyomás, $r_{cl,t}$ - a ruházat termikus ellenállása, $r_{cl,e}$ - a ruházat párolgási ellenállása és M - a metabolikus hőáram-sűrűség.

A környezeti hőtöbblet, vagy hőhiány erősen függ a besugárzási viszonyoktól is, így a ruhafelszínre vonatkozó sugárzási egyenleg is meghatározó környezeti tényező. A két energiaegyenleg, valamint a sugárzási egyenleg a következőképpen írható fel:

$$M - H_S - \lambda E_S - W = 0, \quad (1)$$

$$R_{ni} - H_{res} - \lambda E_{res} - H - \lambda E + H_S + \lambda E_S = 0, \quad (2)$$

$$R_{ni} = R_{ni} - 4\epsilon_c \cdot \sigma \cdot T_a^3 \cdot (T_{cl} - T_a), \quad (3a)$$

$$R_{ni} = S \cdot (1 - \alpha_c) - (\epsilon_c - \epsilon_a) \cdot \sigma \cdot T_a^4, \quad (3b)$$

ahol W az aktivitás során használt izmok munkájának áram-sűrűsége (Auliciems and Kalma, 1979), H_{res} a légzés során felszabaduló szenzibilis hőáram-sűrűség, λE_{res} a légzés során felszabaduló látens hőáram-sűrűség, R_{ni} a ruha felszínére vonatkozó nettó izotermális sugárzási energiaáram-sűrűség, S a napsugárzás energia áram-sűrűsége, α_c a ruházat albedója, ϵ_c a ruházat emisszivitása, ϵ_a a troposzféra emisszivitása és σ a Stefan-Boltzmann-állandó.

Parametrizációk

A modellben a hőtranszportok leírására a következő parametrizációkat használtuk:

$$H_S = \rho \cdot c_p \cdot \frac{T_S - T_{cl}}{r_{cl,t}}, \quad (4)$$

$$H = \rho \cdot c_p \cdot \frac{T_{cl} - T_a}{r_{Ha}}, \quad (5)$$

$$\lambda E_S = \frac{\rho \cdot c_p}{\gamma} \cdot \frac{e_s(T_S) - e_{cl}}{r_{cl,e}}, \quad (6)$$

$$\lambda E_S = \lambda E_{sd} + \lambda E_{sw}, \quad (6a)$$

$$\lambda E_{sd} = 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot (256 \cdot T_S - 3373 - e_a), \quad (6b)$$

$$\lambda E_{sw} = \frac{1}{A_f} \cdot \lambda \cdot \frac{dm}{dt}, \quad (6c)$$

$$\lambda E = \frac{\rho \cdot c_p}{\gamma} \cdot \frac{e_{cl} - e_a}{r_{Ha}}, \quad (7)$$

$$\lambda E_S = \lambda E. \quad (8)$$

A bőrfelszíni párolgás (6a) a száraz bőr és a verejtékkal borított bőr párolgásának összege. A száraz bőr

párolgásának képletében (6b) a T_S °C-ban (34 °C), míg az e_a Pa-ban van megadva (Fanger, 1970). Az izzadás mértéke (6c) egyelőre nem szimulálható kellő pontossággal az élettani folyamatok leírása alapján. Van egy egyszerű becslés, ami a (6c), ebben A_f az emberi test felszíne, λ a párolgás látens hője és dm/dt az izzadással okozott testtömegcsökkenés, azaz a kiizzadt vízmennyiség az egységnyi időben. Ez az aktivitás előtt, valamint az aktivitás után mért testtömeg és időpont értékekből könnyen meghatározható. Az angol nyelvű szakirodalom ezt az λE_{sw} -t „regulatory sweating”-nek nevezi. Az ún. „hőszabályozó izzadás” mellett van még az ún. „required sweating” (tükörfordításban „szükséges izzadás”) fogalma. Ezt az izzadást az energiaegyenleg maradék tagjaként határozzák meg. Kihangsúlyozandó, hogy a két módon meghatározott izzadás sokszor és igen nagy mértékben különbözik. A (6c) alkalmazása ugyan macerás, de véleményünk szerint ez az egyetlen megbízható módszer az izzadás mértékének becslésére. Modellünk alapfeltételezése, hogy a (8)-as egyenlet érvényes. Ez a biztosítéka annak, hogy a ruházat száraz maradjon (nincs sem konvergencia (nedvesedik a ruházat), sem divergencia (szárazodik a ruházat)), ugyanis csak száraz ruházatban érezzük magunkat komfortosan. Ez logikus, mert a nedves ruházat előbb-utóbb kényelmetlenné válna a hűtőhatása miatt. Az A_f -et Dubois and Dubois (1915) képlete alapján számítottuk.

A ruházati párolgási ellenállás modell

A ruházati párolgási modell két alapvető fontosságú kimenő változója az e_{cl} és az $r_{cl,e}$. A (6a), a (7) és a (8) kombinálásával könnyen kifejezhető az e_{cl} ,

$$e_{cl} = e_a + \left(\lambda E_{sd} + \lambda E_{sw} \right) \cdot \frac{\gamma}{\rho c_p} \cdot r_{Ha}, \quad (9)$$

és mivel a λE_{sd} és a λE_{sw} is könnyen becsülhető a bemenő meteorológiai és humán (testtömeg, magasság) változók alapján, az e_{cl} könnyen számítható. Látható az is, hogy (6), (7), (8) és (9) alkalmazásával az $r_{cl,e}$ is kifejezhető a következőképpen:

$$r_{cl,e} = \frac{\rho c_p}{\gamma} \cdot \frac{e_s(T_S) - e_a}{\lambda E_{sd} + \lambda E_{sw}} - r_{Ha}. \quad (10)$$

Az r_{Ha} parametrizálását már több munkában ismertettük, így pl. az Ács et al. (2021, 2024) munkákban is. Az $r_{cl,e}$ mértékegysége [$s \cdot m^{-1}$], de a szakirodalomban vízgőztranszportra vonatkozó [clo] mértékegység is létezik. $1 \text{ clo-e} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{W}^{-1}$, ami alapján $1 \text{ clo-e} = 0,155 \cdot (\rho \cdot c_p / \gamma) = 0,155 \cdot (1,2 \cdot 1004 / 0,65) = 287,3 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1}$.

A ruházati termikus ellenállás modell

A ruházati termikus ellenállás modell kimenő változói a T_{cl} és az $r_{cl,t}$. Fejezzük ki őket!

Az (1)-ből kifejezhető a H_s és leírható mint

$$H_s = M - \lambda E_s - W = Hu. \quad (11)$$

Itt röviden Hu -val jelöltük a humán hőáram-sűrűségeket különbségét. A (2), (5), (8) és a (11) kombinálásával felírhatjuk a következő egyenletet:

$$R_n - H_{res} - \lambda E_{res} - \rho c_p \cdot \frac{T_{cl} - T_a}{r_{Ha}} + Hu = 0. \quad (12)$$

A T_{cl} végső alakja, miután behelyettesítjük a (3a)-at a (12)-be, a következő:

$$T_{cl} = T_a + \frac{R_n - H_{res} - \lambda E_{res} + Hu}{\frac{\rho \cdot c_p}{r_{Ha}} + 4 \cdot \epsilon_c \cdot \sigma \cdot T_a^3}. \quad (13)$$

Vegyük észre, hogy a T_{cl} becslésénél mind az (1)-et (bőrfelszín energiaegyenlege a ruházat alatt), mind a (2)-t (a ruhafelszín energiaegyenlege) felhasználtuk, azaz, ezen hőmérséklet nagyságát mind a környezeti, mind a humán tényezők befolyásolják. A (4) és a (11) kombinálásával kifejezhető az $r_{cl,t}$

$$r_{cl,t} = \rho \cdot c_p \cdot \frac{T_s - T_{cl}}{Hu}. \quad (14)$$

A (13) és a (14) új egyenletek, és annak a ruházatnak a termikus tulajdonságait jellemzik, amely megteremti a hőegyensúlyt (nincs sem hőtöbblet, sem hőhiány) az emberi test és környezete között. Mivel hőegyensúlyt teremtő ruházatról van szó, e ruházat imaginárius, azaz képzeletbeli. Az $r_{cl,t}$ mértékegysége [$s \cdot m^{-1}$], de a szakirodalomban a hőtranszportra vonatkozó [clo] mértékegység terjedt el. $1 \text{ clo-t} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$, ami alapján $1 \text{ clo-t} = 0,155 \cdot (\rho \cdot c_p) = 0,155 \cdot (1,2 \cdot 1004) = 186,7 \text{ s m}^{-1}$.

Az operatív hőmérséklet

Az operatív hőmérséklet ismert hőterhelés mutató. A következőképpen becsültük:

$$T_o = T_a + \frac{R_n}{\rho \cdot c_p} \cdot r_{Ha}. \quad (15)$$

Ahogy látjuk, a környezeti tényezőktől (lég hőmérséklet, sugárzás és szél) függ, a humán tényezőktől való függése elhanyagolható (az r_{Ha} parametrizációjában van elrejtve).

Az izzadásról röviden

A szakirodalom kétféle izzadást különböztet meg: a hőszabályozó és a szükséges izzadást. A hőszabályozó izzadást testtömegmérések alapján becsülik, ezzel szemben a szükséges izzadást az emberi test energiaegyenlegének maradék tagjaként határozzák meg. Látható, hogy az előbbi módszer megbízhatóbb információkon nyugszik, e tanulmányban is e módszert használtuk.

A mérések, megfigyelések helyszíne

A megfigyelések helyszíne: Martonvásár, a megfigyelő családi házának udvara. Ezen helyszín kiválasztása lehetővé tette azt, hogy a tömegmérés kezdete, vége, valamint az aktivitás (pihenés fekvő helyzetben) kezdete, vége közötti időszak hossza a lehető legrövidebb legyen.

Adatok

A tanulmányban időjárási és humán adatokat használtunk.

Időjárási adatok

A modell meghajtására szolgáló időjárási elemek a következők: léghőmérséklet, légnedvesség, átlagos szélsébség, a szélőkés sebessége, felhőzet és a relatív napfénytartam. Az összes adatot az utóbbi kettő kivételével a HungaroMet (Magyar Meteorológiai Szolgálat Nonprofit Zrt.), vagy az Időkép cégek automata állomásairól írtuk át, melyek légvonalbeli távolsága a megfigyelések helyszínétől kevesebb, mint 3 km. Ezek az adatok 10-perces átlagok. A felhőzet és a relatív napfénytartam értékeit a kiválasztott 10-perces időintervallumra a megfigyelő észlelte. A teljes besugárzás $W \cdot m^{-2}$ -ben kifejezett órás érték (Mihailović and Ács, 1985), és arra az órákzre vonatkozik, amelyben történt a 10-perces megfigyelés. Összesen 44 megfigyelést végeztünk 2023. június 12-től október 2-ig tartó időszakban. Az észlelt elemek a következő határok között változtak: a napsugárzás $370\text{-}870 \text{ W m}^{-2}$, a léghőmérséklet $22,2\text{-}33,0 \text{ }^\circ\text{C}$, az átlagos szélsébség $0,3\text{-}5,8 \text{ m s}^{-1}$, a relatív nedvesség $41\text{-}78\%$ és a felhőzet $0\text{-}0,9$ között változott. Összefoglalva: a globálisugárzás nagy volt, alkalmakként extrém nagy, az esetek többségében a léghőmérséklet nagyobb, mint $25 \text{ }^\circ\text{C}$, a levegő száraz, a legváltozékonyabb elemek a szélsébség és a felhőzet. Ez az állapot nyáron, az alföldi régiókban tipikus.

Humán adatok

Humán méréseket 1 ember végzett, a megfigyelő. A humán adatok információt adnak 1) a humán állapothatározókról, 2) a viselt ruházatról, 3) a testtömegről közvetlenül az aktivitás előtt és után, valamint 4) a testtömeg mérések időpontjairól és így a megfigyelés időtartamáról.

A megfigyelő testtömege 89 kg, magassága 190 cm, neme férfi, kora 68 év. A megfigyelések során mindig tomanadrágot viselt, és mindig fekvő helyzetben volt. A megfigyelések előtt és után volt testtömeg mérés, valamint a mérések időpontjának rögzítésére is sor került.

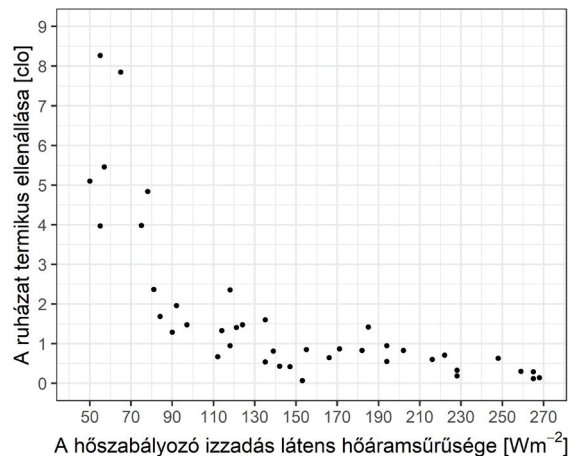
Eredmények

Minden méréskor számítottuk az imaginárius, maximálisan komfortos ruházat termikus és párolgási ellenállását, az operatív hőmérsékletet, a képzelt ruházat felszíni hőmérsékletét, parciális vízgőznyomását és a bőrfelszíni párolgás látens hőáram-sűrűségét. Külön elemeztük a) a ruházat termikus ellenállásának, $r_{cl,t}$ és a hőszabályozó izzadás látens hőáram-sűrűségének λE_{sw} kapcsolatát, b) a ruházat párolgási ellenállásának, $r_{cl,e}$ és az λE_{sw} kapcsolatát, c) az operatív hőmérséklet és a ruházat felszíni hőmérsékletének kapcsolatát, valamint d) az $r_{cl,t}$ értékek változásait az λE_{sw} értékek változásaira.

A ruházati termikus ellenállás és a hőszabályozó izzadás látens hőáram-sűrűségének kapcsolata

A képzelt komfortos ruházat termikus ellenállásának és a hőszabályozó izzadás látens hőáram-sűrűségének kapcsolatát reprezentáló pontfelhő a 2. ábrán látható.

Láthatjuk, hogy az $r_{cl,t}$ értékek igen nagyok is lehetnek, volt néhány 10 clo-t feletti értékünk is, ez akkor van, amikor a λE_{sw} kicsi. Hogyan magyarázhatók ezek az extrém clo-t értékek? Ehhez nézzük meg a (14)-et! Ezekben az esetekben a $T_{cl} > T_s$, ezért a $Hu < 0$, de nem sokkal, hanem 0 közeli, és mivel 0 közeli és a nevezőben van, az $r_{cl,t}$ extrém nagy lesz. Az $r_{cl,t}$ tart a végtelenbe, amikor a Hu tart a nullához, így az extrém $r_{cl,t}$ értékek inkább matematikailag és nem fizikailag értelmezendők. A legkisebb $r_{cl,t}$ értékek 0,10 clo-t körülílik, ekkor a bőrfelszíni párolgás 160-270 W m⁻², és a hőérzetünk neutrális, azaz, a termikus komfort állapotában vagyunk. Ezekben az esetekben a $Hu < 0$, és -100 W m⁻² körüli. Láthatjuk azt is, hogy az $r_{cl,t} - \lambda E_{sw}$ kapcsolat exponenciális függvényvel közelíthető.

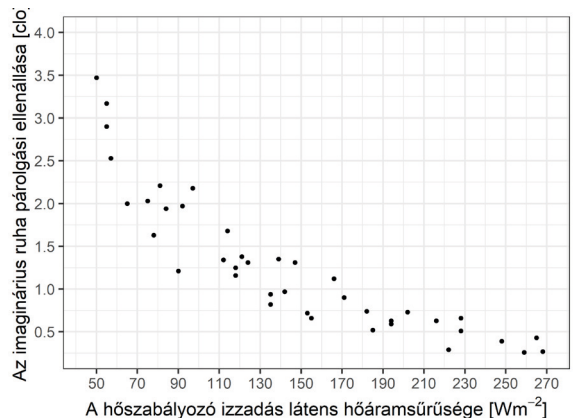


2. ábra. A megfigyelő képzelt ruházata termikus ellenállásának és a hőszabályozó izzadása látens hőáram-sűrűségének kapcsolatát reprezentáló pontfelhő. A pontok száma megegyezik a megfigyelések számával.

A ruházat párolgási ellenállásának és a hőszabályozó izzadás látens hőáram-sűrűségének kapcsolata

A képzelt ruházat párolgási ellenállásának és a hőszabályozó izzadás látens hőáram-sűrűségének kapcsolatát reprezentáló pontfelhő a 3. ábrán látható.

A kapcsolat jellege ugyanolyan, mint az $r_{cl,t}$ esetében: exponenciálisan csökkenő. A λE_{sw} növekedésével az $r_{cl,e}$ csökken. Nagyságának alakulását az $e_s(T_s) - e_a$ különbség, valamint a λE_{sw} kormányozzák. Az $r_{cl,e}$ értékek 0,26-3,5 clo-e értékek között változtak. E tartomány megfelel 75-1006 s m⁻¹ értékű tartománynak. Hangsúlyozzuk ki, hogy ezek az értékek a $\lambda E = \lambda E_s$ feltételből következnek.

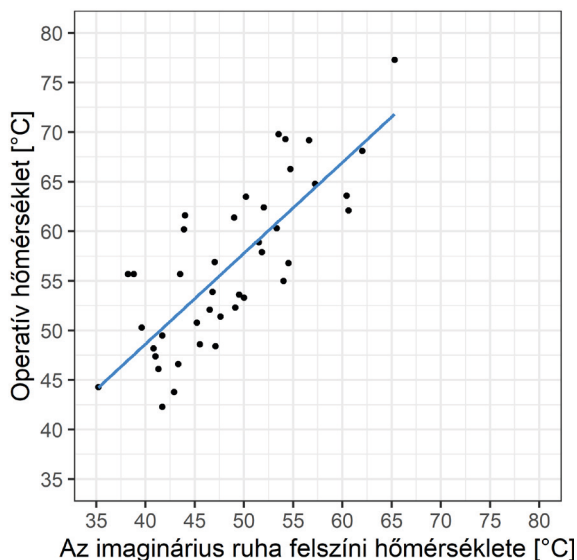


3. ábra A megfigyelő képzelt ruházata párolgási ellenállásának és a hőszabályozó izzadása látens hőáram-sűrűségének kapcsolatát reprezentáló pontfelhő. A pontok száma megegyezik a megfigyelések számával.

Az operatív hőmérséklet és a ruházat felszíni hőmérsékletének kapcsolata

A szimulált T_{cl} értékeket összevetettük az operatív hőmérséklet értékeivel, ami egy ismert környezeti hőterhelés mutató. A kapcsolatot reprezentáló pontfelhőt a 4. ábrán láthatjuk.

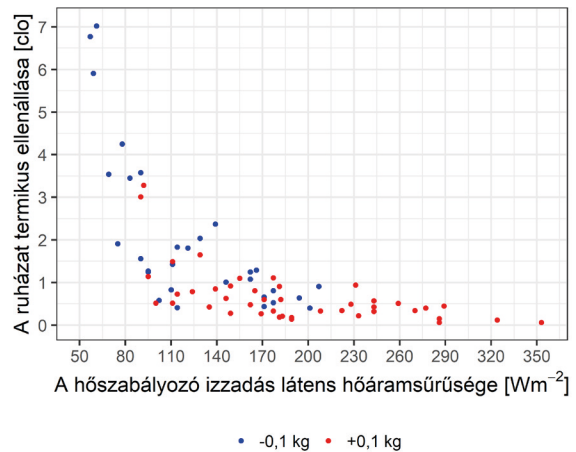
A T_o minden esetben nagyobb, mint a T_{cl} . A legnagyobb különbségek 10-13 °C körül vannak, de a pontok szóródásának mértéke elfogadható, a kapcsolat regressziós egyenessel jellemezhető, egyenlete $T_o = 0.92 \cdot T_{cl} + 11.96$. Vegyük észre azt is, hogy a T_{cl} legkisebb értéke 35 °C, azaz, méréseink során mindig nagyobb volt, mint a T_s . A legnagyobb T_{cl} értékek 60-62 °C körül vannak.



4. ábra Az operatív hőmérséklet és a megfigyelt képzelet ruházata felszíni hőmérsékletének kapcsolatát reprezentáló pontfelhő. A pontok száma megegyezik a megfigyelések számával.

A ruházat termikus ellenállásának érzékenysége a hőszabályozó izzadás látens hőáram-sűrűségének változásaira

Említettük, hogy a házimérleg pontossága 0,1 kg. Tekintettel arra, hogy a kiizzadt vízmennyiség értékek 0,1-0,6 kg között változtak, megnéztük, hogyan változnak meg az $r_{cl,t}$ értékek ezen kiizzadt vízmennyiségek 0,1 kg-al való megnövelésére (+0,1 kg), valamint 0,1 kg-al való csökkentésére (-0,1 kg). A kapott pontfelhőket az 5. ábrán láthatjuk.



5. ábra A megfigyelt képzelet ruházata termikus ellenállásának és a 0,1 kg-al megnövelt (piros), valamint 0,1 kg-al csökkentett (kék) izzadság látens hőáram-sűrűségének kapcsolatát reprezentáló pontfelhők.

A két pontfelhő viszonyát illetően láthatjuk, hogy a) a λE_{sw} értékek mentén el vannak tolódva (a piros pontok legnagyobb λE_{sw} értékei 320-350 W m⁻² között vannak, ezzel szemben a kék pontok legnagyobb λE_{sw} értékei 200 W m⁻² körüliek) és b) hasonló eltolódás észlelhető az $r_{cl,t}$ értékek között is (a piros pontok legnagyobb $r_{cl,t}$ értékei 3 clo-t körülílik, míg a kék pontok esetében ez 6-7 clo-t). A két pontfelhő közötti átfedés a 0,5-1,2 clo-t tartományban a legnagyobb. E tartományban a hőszabályozó izzadás látens hőáram-sűrűség értékei többnyire 140-200 W m⁻² körüliek. Az ábra egyértelműen mutatja az $r_{cl,t}$ értékek érzékenységét a λE_{sw} értékek változásaira, de a kapcsolat változatlanul exponenciális függvénnyel jellemezendő.

Röviden a modelltől és alkalmazhatóságáról

A modell a ruhafelszínre és a bőrfelszínre felírt energiaegyenlegeken alapul és ennek köszönhetően a ruházat hőmérsékletének becslésére is alkalmas. A T_{cl} számítása során az izzadás, ami a bőrfelszíni párolgás domináns tagja, meghatározó komponense az energiaegyenlegnek. Szerepe és nagysága összemérhető a sugárzási egyenleg fontosságával. A nagy besugárzás eseteiben $T_{cl} > T_s$, de mivel az ilyen esetekben a $Hu < 0$, az $r_{cl,t} > 0$, azaz, a modell alkalmazható. De, mi határozza meg a Hu értékét? A $Hu = M - \lambda E_s - W$, a modellben a fekvő helyzetre vonatkozó $M = M_b + 15$, a $W = 0,25 \cdot (M - M_b)$, ami alapján az $M = 55$ W m⁻² és a $W = 3,75$ W m⁻². Ha az izzadás mértéke 0,1 kg/30 perc és a megfigyelt testfelszíne 2,1 m², akkor a $\lambda E_{sw} = 66$ W m⁻².

Így, a $Hu = 55 - 66 - 3,75 = -14,75 \text{ W m}^{-2}$. Belátható, hogy már a közepes mértékű besugárzáskor ($S \approx 500 \text{ W m}^{-2}$) izzadhatunk 0,1 kg/30 perc mértékben, akkor is, ha fekszünk. Extrém nagy besugárzások esetén (850 W m^{-2}) az izzadás mértéke nagyobb, legyen pl. 0,5 kg/45 perc, ami 220 W m^{-2} . Ebben az esetben a $Hu = 55 - 220 - 3,75 = -168,75 \text{ W m}^{-2}$. Ez markánsan csökkenti az $r_{cl,t}$ értékét, amely tart a nullához, ami a termikus komfort. E példák azt mutatják, hogy a besugárzással járó hőterhelést az izzadás hűtőhatásával ellensúlyozzuk, és e modell alkalmas e tipikus nyári hőterhelések jellemzésére a humán komfort szempontjai alapján is.

Legvégül, jegyezzük meg, hogy a modell minden aktivitástípusra futtatható, így pl. gyaloglás vagy futás esetén is. Az alkalmazhatóság nagymértékben függ a Hu előjelétől. A nyári helyzetekben ($T_{cl} > T_s$) a modell csak akkor alkalmazható, ha a $Hu < 0$. A Hu előjele viszont nagymértékben függ az $(M - \lambda E_{sw})$ különbségtől. Hangsúlyozandó, hogy az M és a λE_{sw} nem függetlenek egymástól, ugyanis az M növekedésével nő a λE_{sw} is. A két változó egymás közötti kapcsolata azonban sok szempontból ismeretlen, ráadásul, mindkét változó erősen egyénspecifikus, ezért nehéz általánosítani. Legeslegvégül, jegyezzük meg, hogy e kutatások már nem a humán biometeorológia, hanem az antropológia tárgykörébe tartoznak.

Diszkusszió

A ruházat akkor komfortos, ha száraz és ha termikusan neutrális. A termikus neutralitás azt jelenti, hogy a ruházatban nem fázunk, de melegünk sincs. E modellben megvalósítottuk az előbbi követelményeket. A termikus neutralitás feltételét azzal, hogy alkalmaztuk a ruházatra és az emberi testre vonatkozó energiaegyenlegeket, a száraz ruházat feltételét pedig azzal, hogy a bőrfelszín és a ruhafelszín elhagyó látens hőáramsűrűségeket kiegyenlítettük. Így, a ruházatot nemcsak termikus, hanem nedvességi szempontból is jellemeztük, ennek megfelelően a modell egy termikus és egy párolgási modulból áll. Ilyenként ez egy új modell, a nemzetközi angol nyelvű szakirodalomban még hasonló sincs. A párolgási modul alkalmazásával a termikus modult az extrém nyári időjárási helyzetekben is alkalmazhattuk, így a modellünk az év minden évszakában és időjárási helyzetében alkalmazható. A hőhiányos helyzetekben (tél, ősz, éjszaka) ugyanazokat az eredményeket adja, mint az előbbi ruházati ellenállás modellünk (Ács *et al.*, 2021, 2022, 2023), amellyel nem becsültük a T_{cl} -t és a λE_{sw} -t. Kihangsúlyozandó az is, hogy e modell minden aktivitásra alkalmazható,

ha az aktivitást jellemző M és λE_{sw} ismert. Az előbbi modelljeinkben az aktivitás főleg $1,1 \text{ m s}^{-1}$ sebességű gyaloglás volt. A modellünk alkalmazhatóságának vizsgálata gyaloglás és futás során a jövőbeni kutatásaink egyik fontos célja. Mondhatjuk, hogy a modellünk „univerzális”, olyan szempontból, hogy elvileg alkalmazható minden klímában, időjárásban és aktivitás során. A modell meghatározó élettani változói az M és a λE_{sw} , amelyek erősen aktivitás-függőek.

Az előbbi fejezetben már említettük, hogy a modell alkalmazhatósága szempontjából nagyon fontos az M és a λE_{sw} egymáshoz való aránya. A λE_{sw} függ az M -től, de e függés mértéke, módja nincs számszerűsítve. A λE_{sw} függ a hőterheléstől is, ugyanakkor saját tapasztalatunk alapján mondhatjuk, hogy a közepes (500 W m^{-2}) és nagy (850 W m^{-2}) besugárzási viszonyokban a λE_{sw} értékei megjósolhatatlanok, kiszámíthatatlanok, mert $50\text{--}270 \text{ W m}^{-2}$ között is lehetnek. A modellben használt λE_{sw} a hőszabályozó izzadás (angolul: regulatory sweating), ez nem tévesztendő össze és egyenlő a „szükséges” izzadással (angolul: required sweating), amit az energiaegyenlegről kapunk maradék tagként.

A kapott $r_{cl,t}$ és $r_{cl,e}$ értékeket nem tudjuk verifikálni, mert ezek a komfortot biztosító képzelt ruházatra vonatkoznak. A valós, viselt ruházat sok mindenben eltér e képzelt ruházattól. A különböző ruházati termikus ellenállás modellek összehasonlításával Ács és mtsai. (2023) foglalkoztak, a fő megállapításuk az volt, hogy az emberek általában úgy öltözködnek, hogy nincsenek a környezettel termikus egyensúlyban. Ugyanakkor azt is tudjuk, hogy izzadásunk során a ruházat általában benedvesedik (nedvességnövekedés a ruhában), azaz, nem marad száraz, mert a látens hőáramsűrűségek nem egyenlők, hanem konvergensek. A modell határozottan jó működik, amikor a besugárzás extrém nagy (800 W m^{-2}) és az izzadás mértéke is nagy (minimum 0,3 kg/30 perc). Ekkor az $r_{cl,t}$ értékek 0,6 clo-t körülílik, ami már termikusan neutrális közeli állapotnak tekinthető (Ács *et al.*, 2022). Az ilyen helyzetekben tényleg helytálló a „hőszabályozó izzadás” kifejezés. Az ilyen esetekben az $r_{cl,t}$ értékek is a legalacsonyabbak, 0,2–0,7 clo-e körülílik. Aláhúzendő, hogy a termikus és a párolgási ellenállás modellek nem függetlenek egymástól, azaz, az $r_{cl,t}$ értékek alakulását a párolgási modell is kormányozza a ruházat energiaegyenlegén, vagyis a T_{cl} számított értékén keresztül. Az $r_{cl,t}$ és az $r_{cl,e}$ termikus és párolgási ellenállások erősen függenek a λE_{sw} -től. E függés exponenciálisan csökkenő regressziós függvényen is jellemezhető. A λE_{sw} individuális emberi reakció az időjárás

hőterhelésére, a viselt ruházatra és az adott aktivitásra. Minden egyén esetében ez más és más, az általánosításra keresztmetszeti (egy időjárási helyzetben több ember mérése) megfigyelésekre van szükség.

Konklúzió

E munkában továbbfejlesztettük a ruházati ellenállás modellek filozófiáját. E modelleket eddig (Ács et al., 2019, 2021, 2022, 2023) csak a téli évszakban és a hideg klímákban alkalmazták, mert az izzadás folyamatát nem vették számításba a ruházati termikus ellenállás becslése során. E munkában a koncepciót változtatva mértük az izzadás mértékét és a ruházat termikus ellenállása mellett a ruházat párolgási ellenállását is becsültük. A megfigyeléseket 1 személy végezte fekvő helyzetben 2023 nyarán. A fő következtetéseink a következők: 1) a nyári nagy hőtöbblet sikeresen szimulálható ruházati ellenállás modellel is mérve az izzadás mértékét, 2) az új modell sikeres alkalmazásához igen fontos az M és a λE_{sw} minél pontosabb ismerete, és 3) az M és a λE_{sw} fontos változók a humán biometeorológiai modellekben, de kapcsolatukról keveset tudunk.

Irodalom

- Auliciems, A. and de Freitas, C.R., 1976: Cold stress in Canada: a human climatic classification. *Int. J. Biomet.* 20, 287–294.
- Auliciems, A. and Kalma, J.D., 1979: A Climatic Classification of Human Thermal Stress in Australia. *J. Appl. Meteorol.* 18, 616–626. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8470.1981.tb00373.x>.
- Ács, F., Kristóf, E., Zsákai, A., 2019: New clothing resistance scheme for estimating outdoor environmental thermal load. *Geogr. Pannonica* 23, 245–255. <https://doi.org/10.5937/gp23-23717>
- Ács, F., Zsákai, A., Kristóf, E., Szabó, A. and Breuer, H., 2021: Human thermal climate of the Carpathian Basin. *Int. J. Climatol.* 41. <https://doi.org/10.1002/joc.6816>
- Ács, F., Zsákai, A., Kristóf, E., Szabó, A.I. and Breuer, H., 2022: Individual local human thermal climates in the Hungarian lowland: Estimations by a simple clothing resistance-operative temperature model. *Int. J. Climatol.* 43, 1273–1292. <https://doi.org/10.1002/joc.7910>
- Ács, F., Szalkai, Z., Kristóf, E. and Zsákai, A., 2023: Thermal Resistance of Clothing in Human Biometeorological Models. *Geogr. Pannonica* 27, 83–90. <https://doi.org/10.5937/gp27-40554>
- Ács, F., Kristóf, E. and Zsákai, A., 2024: Esszé az emberi hőterhelésről és hőérzékelésről. *Léggör*, 69, 111–120. <https://doi.org/10.56474/legkor.2024.2.5>
- Ács, F., Kristóf, E. és Zsákai, A., 2024a: A pulzus és a bőrfelszíni párolgás időjárástól való függése: elemzés kiválasztott nyári időjárási helyzetekre. *Léggör*, 69, 231–241.
- Burton, A.C. and Edholm, O.G., 1955: Man in a Cold Environment. Edward Arnold, London, 273.
- Campbell, G.S. and Norman, J.M., 1998: An introduction to Environmental Biophysics. Springer, New York, USA, 286.
- Dubois, D. and Dubois, E.F., 1915: The Measurement of the Surface Area of Man. *Arch. Inter. Med.* 15, 868–881. <https://doi.org/10.1001/archinte.1915.00070240077005>
- Fanger, P.O., 1970: Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering. Danish Technical Press, Copenhagen, 244 pp.
- Katić, K., Li, R. and Zeiler, W., 2016: Thermophysiological models and their applications: A review. *Build. Environ.* 106, 286–300. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.06.031>
- Mihailović, D.T. and Ács, F., 1985: Calculation of daily amounts of global radiation in Novi Sad. *Időjárás* 89, 257–261.
- Yan, Y.Y. and Oliver, J.E., 1996: The Clo: A Utilitarian Unit to Measure Weather/Climate Comfort. *Int. J. Climatol.* 16, 1045–1056. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199609\)16:9<1045::AID-JOC73>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199609)16:9<1045::AID-JOC73>3.0.CO;2-O).
- Yan YY., 2005: Human Thermal Climates in China. *Physical Geography* 26(3), 163–176. <https://doi.org/10.2747/0272-3646.26.3.163>.



Milyen hatása lenne az AMOC leállásának a hőmérsékleti viszonyokra hazánkban és Délnyugat-Norvégiában?

Nagy Alexander, Kis Anna

ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, krisztialex@gmail.com

DOI:10.56474/legkor.2026.2.4

Az elmúlt néhány évben az AMOC leállásával és annak feltételezett következményeivel sokat foglalkozott a média. Rengeteg szenzációhajász cikk látott napvilágot, amik nem mutatták be a szimulációkban rejlő bizonytalanságot. Ennek a tanulmánynak a tájékoztatás a célja az elemzés korlátainak figyelembevételével. Egy klímamodell több szimulációja alapján, több forgatókönyv mellett mutatjuk be az AMOC esetleges leállásának hőmérsékletre gyakorolt hatásait két kiválasztott régióra, Magyarországra és Délnyugat-Norvégiára vonatkozóan.

What is the potential effect of an AMOC collapse on temperature conditions in Hungary and Southwestern Norway?

The collapse of the AMOC and its potential consequences was a hot topic in the media in the recent years. Several clickbait articles were published, which often hide the uncertainty related to the simulations. The aim of the present study is to present an analysis considering the limitations as well. The potential effect of the collapsed AMOC on temperature is shown for two regions (Hungary and Southwestern-Norway) based on climate model simulations, taking into account different scenarios.

Világunk változik. Ez megkérdőjelezhetetlen tény. Az éghajlatváltozás gyorsan fejlődő civilizációnk egy olyan kiemelt problémája, amelynek következményeit már most saját bőrünkön érezzük. Napi rendszerességgel olvashatunk az emelkedő tengerszintről, pusztító erdőtűzekről, súlyos aszályokról, tikkasztó hóhullámokról és hatalmas árvizekről. Ám ezek a folyamatok nem csak önmagukban okoznak problémát, hiszen az éghajlati rendszer egy komplex rendszer, amiben úgynevezett fordulópontokat (az angol nyelvű szakirodalomban használatos elnevezés: tipping points;

Lenton, 2021) definiálhatunk, amiket átlépve bizonyos folyamatok öngerjesztővé és visszafordíthatatlanná válhatnak. Így a tőlünk több ezer kilométerre lokálisnak vélt probléma máris egy globális, ránk is ható problémává válik.

Mik azok az éghajlati fordulópontok?

Vegyünk egy hétköznapi példát: készítsünk tükörtört! Ahhoz, hogy a nyers tojásból eljussunk a kész ételhez, különböző kulcsmozzanatokat kell megtennünk.

Először fel kell törnünk a tojáshéjat, aztán a tartalmát a serpenyőbe öntjük, végül készre sütjük. A lényeg, hogy a tojás már sosem lesz ugyanolyan, mint előtte volt. A tükörtőjáshoz nem tudjuk újra nyerssé és egészsé varázsolni. Az éghajlati rendszerben a fordulópontok ugyanilyenek. Átlépve őket olyan folyamatok indulnak el az éghajlati rendszeren belül, melyek után már nem áll vissza a korábbi állapot. Vagyis egy sor kis változás, esemény elég súlyossá válhat ahhoz, hogy a rendszert az addigi egyensúlyi állapotából kibillentse, és egy új egyensúlyi állapotba kényszerítse (Lenton *et al.*, 2023).

A fordulópontok átlépésük során egymásra is hatással lehetnek. Például a gyorsuló grönlandi jégolvadás miatt egyre több édesvíz kerül az óceánba, és ez megtöri az Atlanti-óceán meridionális áramlási rendszerét, ami miatt nem érkezik az alacsonyabb szélességi körökről az eddig megszokott többlethő, így lehűléshez vezet (Lohmann and Ditlevsen, 2021). Az éghajlati rendszerünkben több fordulópontot határoztak meg, de kiemelendő, hogy az átlépésük hétköznapi értelemben nem pillanatszerű. Évtizedes, évszázados folyamatokról beszélünk (Armstrong McKay *et al.*, 2022).

Mi az az AMOC és miért fontos?

Az AMOC vagyis az Atlantic Meridional Overturning Circulation (magyarul: Atlanti-óceáni Meridionális Áramlási Rendszer) egy hatalmas, komplex áramlási rendszer az Atlanti-óceánban. Ahhoz, hogy felfoghassuk a méreteit, vegyük alapul a Duna budapesti szakaszának átlagos vízhozamát, és szorozzuk meg 40 000-rel. Persze vehetjük alapul bolygónk legbővizűbb folyóját, az Amazonast is, akkor is legalább 1000-rel kell szoroznunk, hogy megkapjuk az áramlat által mozgatott víz mennyiségét (Weidinger és Tasnádi, 2020). A működése leginkább egy futószalaghoz hasonlítható. A trópusokról a meleg tengervíz a felszín közelében észak felé áramlik, ahol az általa szállított hőt leadja. Ez a hőmennyiség akkora, ami a közepes szélességekre érkező hőtranszport 20-30%-át teszi ki (Jackson *et al.*, 2022).

A meleg tengervíz ahogy leadja a hőt, lehűl, de mivel sókoncentrációja nem változik, így alábukik, és a tengerfenék mentén dél felé fordul, ahol ismét felemelkedik, és ezzel a kör bezárul (Jackson *et al.*, 2022). Emiatt az áramlat érzékeny az édes-sós víz egyensúlyára (Bordi és Szépszó, 2024). Ha valamilyen okból, például a gyorsuló grönlandi jégolvadásból, a hegyi gleccserek olvadásából és az óceán felett lehulló csapadék növekvő mennyiségéből több édesvíz kerül az óceánba, az felhígul, meggátolva az alábukást, és így az áramlat körfolyamata megszakad.

Bár történeti feljegyzéseink nincsenek az AMOC összeomlásáról és következményeiről, proxy adatokból, jégfurat minták és tavi üledékek vizsgálataiból tudhatjuk, hogy a múltban nem egyszer omlott már össze az áramlat. Ezek az események szinte mindig nagy mennyiségű édesvíz beáramlásával voltak kapcsolatban, és az interglaciálisok során következtek be. A legutóbbi ilyen esemény kb. 11 700-12 900 évvel ezelőtt fordult elő. Ezt az eseményt fiatalabb Dryas-eseménynek nevezzük. Ekkor az Észak-Amerika nagy részét borító jégtakaró jelentős hányada elolvadt, és az abból származó olvadásvíz az Észak-Atlanti-óceánba ömlött, ami az áramlat összeomlását okozta (Carlson, 2013).

Adatok és módszertan

Vajon milyen hatása lenne, ha mindez a mi életünkben következne be? Milyen hatással lenne az éghajlatra globálisan, Európában, és hazánkban? Ahhoz, hogy ezt megválaszolhassuk, a tudományos cikkek elolvasása mellett megvizsgáltuk a CESM (Community Earth System Model) klímamodell szimulációját. A CESM egy komplex Föld-rendszer modell, ami egyszerre tudja kezelni az atmoszférát, az óceánt, a tengerjég, a szárazföldet, a szén- és biokémiai ciklusokat. A felbontása 2° (vagyis kb. 200 km) az atmoszféra és szárazföldi komponensek esetében, illetve 1° az óceán és tengerjég esetében (van Westen and Baatsen, 2025a). Az AMOC-leállás hatásainak vizsgálatához az óceánba extra édesvizet adtak (van Westen *et al.*, 2024), amire azért volt szükség, mert a modell túl stabilnak mutatta az áramlatot. A modellel két forgatókönyvet, az RCP4.5-öt és az RCP8.5-öt vizsgálták – melyek rendre kb. 2 °C-os, illetve 4 °C-os globális átlaghőmérséklet-emelkedést jeleznek a 21. század végére – működő (AMOC ON) és nem működő (AMOC OFF) AMOC-ra a 2006–2100-as időszakra, majd a szimulációkat 2499-ig folytatták. Megjegyezzük, hogy az RCP8.5-ös forgatókönyv esetén csak az AMOC OFF szimuláció állt rendelkezésre. Több hőmérséklettel kapcsolatos index kiszámítását végezték el (1. táblázat), amelyek időben átlagolt értékei szabadon hozzáférhetők, továbbá egy interaktív vizuális felületen [1] megtekinthetők. Ezen, a szimulációk eredményéből számított értékeket a Zenodo adatbázis-gyűjteményből nyertük ki a teljes Földre vonatkozóan (van Westen és Baatsen, 2025b). A jelen kutatás fókuszában az éves és szezonális átlaghőmérsékletek, valamint a különböző hőmérsékleti küszöbök átlépésével kapcsolatos napok (téli napok: $T_{\max} < 0\text{ °C}$, nyári napok: $T_{\max} > 25\text{ °C}$) átlagos évi számának alakulása álltak. A regionális

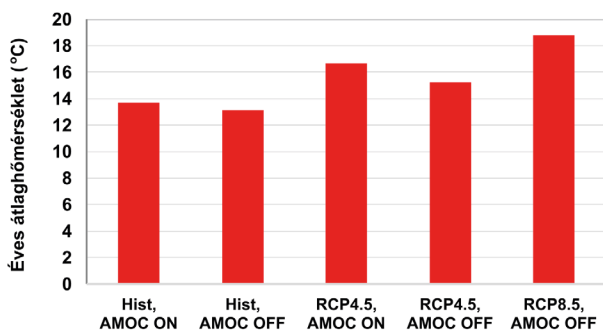
Éves átlaghőmérséklet	°C
Nyári átlaghőmérséklet (jún., júl., aug.)	°C
Téli átlaghőmérséklet (dec., jan., febr.)	°C
10 évente előforduló extrém minimumhőmérsékletek	°C
10 évente előforduló extrém maximumhőmérsékletek	°C
Márciusi (maximum) tengerjég kiterjedésének átlaga	-
Téli napok számának átlaga ($T_{\max} < 0$ °C)	nap
Fagyos napok számának átlaga ($T_{\min} < 0$ °C)	nap
Meleg napok számának átlaga ($T_{\max} > 20$ °C)	nap
Nyári napok számának átlaga ($T_{\max} > 25$ °C)	nap
Hőszénapok számának átlaga ($T_{\max} > 30$ °C)	nap
Trópusi éjszakák számának átlaga ($T_{\min} > 20$ °C)	nap

1. táblázat. A CESM modellszimuláció alapján elérhető mutatók és mértékegységeik.

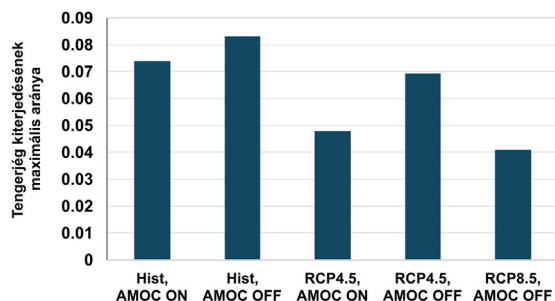
elemzéshez egy-egy Magyarországot és Délnyugat-Norvégiát reprezentáló területet (rendre 45,75°–48,5°É; 16°–23°K és 58°–62°É; 4°–10°K) jelöltünk ki.

Eredmények

Az AMOC leállása az egész éghajlati rendszerben jelentős változásokat okozna. Globális szinten mérsékelné a felmelegedés mértékét: az RCP4.5 esetén a globális átlaghőmérséklet 15,3 °C lenne, ami bár 1,4 °C-kal alacsonyabb a működő AMOC-os szcenárióhoz képest, még mindig közel 1,6 °C-kal lenne melegebb a historikus átlagnál. Ez a mérséklő hatás az RCP8.5 forgatókönyv esetén kevésbé domináns, a melegedés továbbra is jelentős maradna (1. ábra).



1. ábra. A globális éves átlaghőmérséklet a különböző forgatókönyvek esetén, a CESM modell szimulációja alapján.



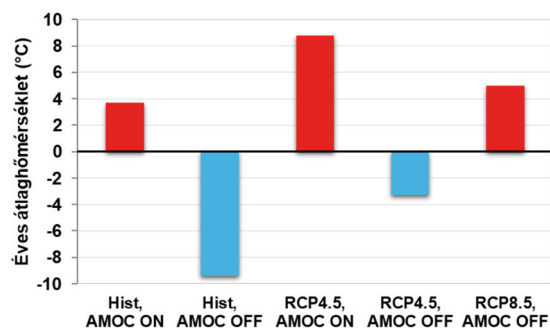
2. ábra. A tengerjég kiterjedésének maximális arányai a különböző forgatókönyvek esetén, a CESM modell szimulációja alapján (1 jelenti a teljes, azaz 100%-os jégborítottságot).

Az Észak-Atlanti térségben az összeomlás drasztikus változást idézne elő: az RCP4.5 (AMOC OFF) szcenárió szerint a hőmérséklet nagymértékű csökkenése mellett a tengerjég márciusi kiterjedése jelentősen megnőne a működő AMOC figyelembevételével készített szimulációs eredményekhez képest. Bár némileg még mindig elmaradna az iparosodás előtti szinttől (2. ábra), de akár lehetségessé válna a száraz lábbal való átkelés Kanada és Norvégia között.

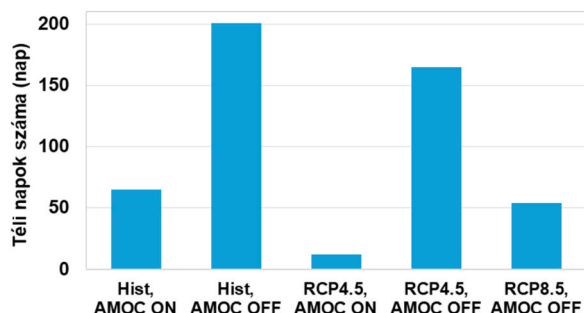
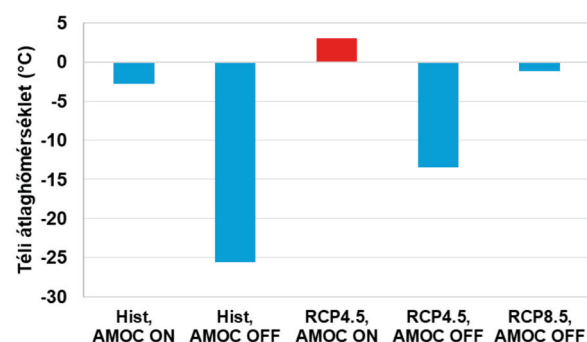
A regionális hatások tekintetében jelentős különbségek mutatkoznak a két vizsgált terület, azaz Magyarország és Délnyugat-Norvégia között.

Délnyugat-Norvégia

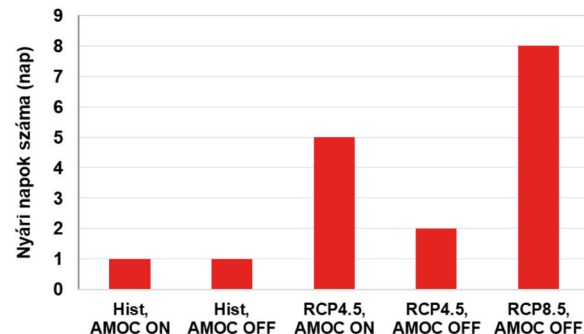
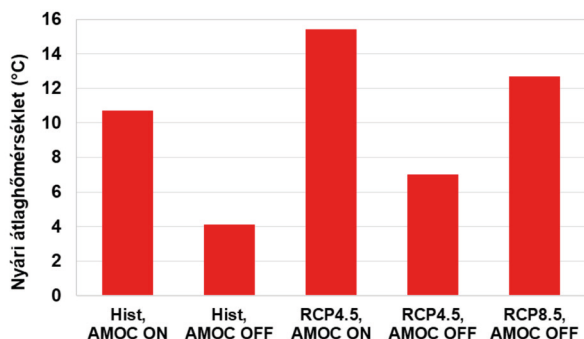
Mivel a térség éghajlatára közvetlen hatással van az áramlat, emiatt extrém nagymértékű lehűlés következne be az AMOC összeomlása esetén. Az RCP4.5 forgatókönyv szerint az éves átlaghőmérséklet -3,3 °C környékén mozogna, ami 7 °C-kal marad el az iparosodás előtti (hist) értéktől (3. ábra), a téli átlaghőmérséklet pedig még extrém módon 16,5 °C-kal lenne alacsonyabb a működő AMOC-hoz képest, és



3. ábra. Az éves átlaghőmérséklet Norvégia délnyugati részén a különböző forgatókönyvek esetén, a CESM modell szimulációja alapján.

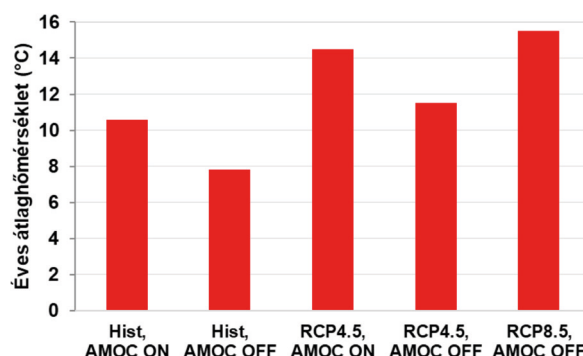


4. ábra. A téli átlaghőmérséklet és a téli napok átlagos évi száma Norvégia délnyugati részén a különböző forgatókönyvek esetén, a CESM modell szimulációja alapján.



5. ábra. A nyári átlaghőmérséklet és a nyári napok átlagos évi száma Norvégia délnyugati részén a különböző forgatókönyvek esetén, a CESM modell szimulációja alapján.

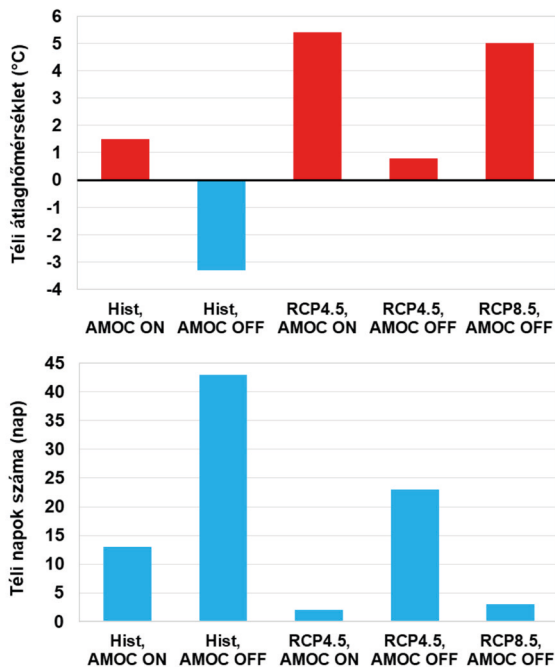
közel 10 °C-kal térne el a múltbeli átlagtól. A téli napok száma a múltbeli AMOC ON referencia értékhöz képest csökkenne az áramlat fennmaradása esetén, míg az összeomlással számolva több mint duplájára emelkedne (4. ábra). Az RCP8.5 (AMOC OFF) esetén kisebb mértékű változásokra lehetne számítani, mivel az áramlat leállásához köthető hőmérsékletcsökkenést ellensúlyozná a globális felmelegedés. Az áramlat összeomlása esetén a nyár átlaghőmérséklete 3,8 °C-kal maradna el az iparosodás előtti, AMOC ON referencia értéktől és 8,4 °C-kal a működő AMOC figyelembevételével, az RCP4.5 forgatókönyv szerint kapott szimulált értéktől, ám a nyári napok számában csak az RCP8.5 esetén jelenik meg jelentősebb változás (5. ábra).



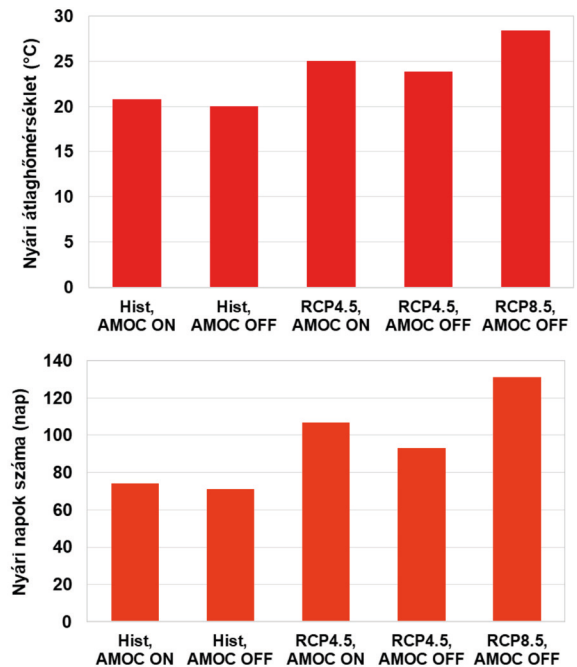
6. ábra. Az éves átlaghőmérséklet Magyarországon a különböző forgatókönyvek esetén, a CESM modell szimulációja alapján.

Magyarország

Bár hazánk távolabb fekszik az Atlanti-óceántól, ne legyen hamis biztonságérzetünk. Az AMOC leállása itt is érezhető lehűlést okozna, igaz a klímaváltozásból eredő felmelegedés hatása itt mindkét szcenárió (RCP4.5 és RCP8.5) esetén általánosságban erősebbnek adódott. Az RCP4.5 (AMOC OFF) forgatókönyv mellett az éves átlaghőmérséklet 11,5 °C lenne, ami 3 °C-kal alacsonyabb, mint a működő áramlat esetén (6. ábra). Délnyugat-Norvégiával ellentétben a hatások szezonálisan aszimmetrikusak lennének a szimuláció szerint: a lehűlés a téli félévben erőteljesebben mutatkozna meg (7-8. ábra). Az RCP4.5 forgatókönyv alapján míg a nyári átlaghőmérséklet csupán 1,2 °C-kal csökkenne a nem működő AMOC esetén (bár még így is 3 °C-kal melegebb lenne az iparosodás előtti értékénél, 8. ábra), addig a telek jelentősen, akár 5 °C-kal lennének hidegebbek. Ez utóbbi a téli napok átlagos számának jelentős emelkedésében is megmutatkozik (7. ábra): a múltbeli időszakban 30 napos különbség



7. ábra. A téli átlaghőmérséklet és a téli napok átlagos évi száma Magyarországon a különböző forgatókönyvek esetén, a CESM modell szimulációja alapján.



8. ábra. A nyári átlaghőmérséklet és a nyári napok átlagos évi száma Magyarországon a különböző forgatókönyvek esetén, a CESM modell szimulációja alapján.

adódik a működő és nem-működő AMOC-kal végzett szimulációk között. A becslések szerint csak az RCP4.5 (AMOC OFF) Szenárió esetén haladná meg a téli napok száma a 20 napot hazánkban, míg a másik két esetben 5 nap alatt maradna. Ahogyan a korábbiakban is említettük, a nyári napok számára kisebb hatást gyakorol az AMOC: a múltbeli időszakban elenyésző (3 nap) a két eset közti különbség, azonban mindkét RCP forgatókönyv esetén (még az RCP4.5, AMOC OFF is) emelkedést mutat (8. ábra).

Konklúzió

Kell aggódnunk az AMOC leállása miatt? A válasz egyszerű: igen. Láthattuk, mennyire fontos az áramlat működése a globális éghajlat alakításában. Azt is láthattuk, hogy mekkora változásokat okozna hazánk és Délnyugat-Norvégia éghajlatában, de fontos megjegyezni, hogy a bemutatott eredmények bizonytalansággal terheltek, hiszen csak egy klímamodell-szimulációja alapján készültek. A globális felmelegedés miatti fokozódó grönlandi jégolvadás következtében az áramlat már most gyengül: egyes becslések szerint az é.sz. 25°-nál 30%-kal lassult 1957 és 2004 között (Bryden *et al.*, 2005), és a szállítószalag déli irányú transzportja is csökkent 1000 méter alatt. Ezek mind

az áramlat lassulásának határozott jelei. Bár mi csak két kisebb régiót és néhány éghajlati mutatót vizsgáltunk meg, azokban szemmel láthatóan nem elhanyagolható változások voltak megfigyelhetők.

Nem tudjuk, hogy az áramlat összeomlása milyen hatással lenne a többi éghajlati fordulóponton, ahogyan jelenleg azt sem tudjuk megmondani, hogy ez pontosan mikor következhet be. Egyes tanulmányok szerint 2100 előtt alacsony az összeomlás bekövetkezésének valószínűsége, de nagyon valószínű, hogy gyengülni fog az áramlat a század során (Lee *et al.*, 2021), más eredmények szerint pedig akár 2050-ben is bekövetkezhet a leállás (Ditlevsen and Ditlevsen, 2023). Az egyik fő probléma az adatok és a megfigyelések hiánya, hiszen magát az áramlatot csak a 2000-es évek eleje óta kutatjuk, és mérjük az erősségét. Minden ezt megelőző adat csak következtetések alapján áll rendelkezésre, amik nagyobb bizonytalansággal lehetnek terhelve. Emiatt sem tudjuk meghatározni az áramlat kritikus küszöb- és billenési pont értékeit, és azt, hogy azokhoz jelenleg mennyire van közeli állapotban. A helyzetet az is bonyolítja, hogy az AMOC akár többszörös egyensúlyi helyzetben is lehet (Weijer *et al.*, 2019). Az viszont biztos, hogy az idő ellenünk dolgozik. Lehetséges, hogy az áramlat csak 2100 után omlik össze, de a tétlenségünkért akkor is az unokáink, dédunokáink, üku-

nokáink fizetik majd meg az árat. Ezért fontos az, hogy az éghajlatváltozás mérséklésére irányuló törekvések mellett már most elkezdjünk alkalmazkodni a bekövetkezett és a várható változásokhoz.

Irodalomjegyzék

- Armstrong McKay, D. I., Staal, A., Abrams, J. F., Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., ... and Lenton, T. M., 2022: Exceeding 1.5 °C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science* 377, eabn7950. <https://doi.org/10.1126/science.abn7950>
- Bordi, S. és Szépszó, G., 2024: Az Atlanti-óceán áramlási rendszerében történő változások hatása az éghajlatra. *Légkör* 69, 37–42. <https://doi.org/10.56474/legkor.2024.K.6>
- Bryden, H.L., Longworth and H.R., Cunningham, S.A., 2005: Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25° N. *Nature* 438, 655–657. <https://doi.org/10.1038/nature04385>
- Ditlevsen, P. and Ditlevsen, S., 2023: Warning of a forthcoming collapse of the Atlantic meridional overturning circulation. *Nat. Commun.* 14, 4254. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39810-w>
- Jackson, L. C., Biastoch, A., Buckley, M. W., Desbruyeres, D. G., Frajka-Williams, E., Moat, B., Robson and J., 2022: The evolution of the North Atlantic Meridional Overturning Circulation since 1980. *Nat. Rev. Earth Environ* 3, 241–254. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00263-2>
- Lee, J. Y., Marotzke, J., Bala, G., Cao, L., Corti, S., Dunne, J. P., ... and Zhou, T., 2021: Future Global Climate: Scenario-Based Projections and Near-Term Information. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (szerk.: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., ... & Zhou, B.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 553–672. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.006>
- Lenton, T. M., 2021: Tipping points in the climate system. *Weather* 76(10), 325–326. <https://doi.org/10.1002/wea.4058>
- Lenton, T. M., Armstrong McKay, D. I., Loriani, S., Abrams, J. F., Lade, S. J., Donges, J. F., ... and Dyke, J. G., 2023: The Global Tipping Points Report 2023. University of Exeter, Exeter, UK. 478.
- Lohmann, J. and Ditlevsen, P.D., 2021: Risk of tipping the overturning circulation due to increasing rates of ice melt. *Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences* 118(9), e2017989118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2017989118>
- Weidinger, T. és Tasnádi, P., 2020: Víz a légkörben. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek* 32, 81–104. <https://doi.org/10.31852/EMF.32.2020.081-104>
- van Westen, R. M., Kliphuis, M. and Dijkstra, H. A., 2024: Physics-based early warning signal shows that AMOC is on tipping course. *Science Advances* 10(6), eadk1189. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adk1189>
- van Westen, R. M. and Baatsen, M. L. J., 2025a: European Temperature Extremes Under Different AMOC Scenarios in the Community Earth System Model. *Geophysical Research Letters* 52(12), e2025GL114611. <https://doi.org/10.1029/2025GL114611>
- van Westen, R. and Baatsen, M., 2025b: Data for the AMOC Collapse Visualisation [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15490235>
- Weijer, W., Cheng, W., Drijfhout, S. S., Fedorov, A. V., Hu, A., Jackson, L. C., ... and Zhang, J., 2019: Stability of the Atlantic Meridional Overturning Circulation: A Review and Synthesis. *JGR Oceans* 124(8), 5336–5375. <https://doi.org/10.1029/2019JC015083>
- A.E. Carlson 2013: PALEOCLIMATE | The Younger Dryas Climate Event. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53643-3.00029-7>

Internetes hivatkozások

[1] <https://amocscenarios.org/>



Párolgásmérés „A” típusú mérőkáddal

Ötvös Tamás

Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, tamasotvos@gmail.com

DOI: 10.56474/legkor.2026.2.5

A csapadékhányos évek és az egyre gyakoribb aszályok ráirányították a figyelmet a párolgás szerepére a vízháztartásban és a mezőgazdaságban. A tanulmány áttekinti az „A” típusú párolgásmérő kád hazai alkalmazását, ismerteti a mérési módszert és az Antal-féle számítási eljárást, valamint a Mernyén 2015 óta végzett mérések tapasztalatai alapján javaslatot tesz a kádpárolgás számításának pontosítására. Az eredmények rámutatnak arra is, hogy a párolgás az elmúlt évtizedben rendszeresen meghaladta a lehullott csapadék mennyiségét, hangsúlyozva a hosszú távú mérések és a vízgazdálkodási alkalmazások jelentőségét.

Evaporation measurement using a class an evaporation pan

The increasingly frequent droughts and precipitation-deficient years have highlighted the crucial role of evaporation in the water cycle and agricultural water management. This paper reviews the use of the Class A evaporation pan in Hungary, describes the measurement procedure and the Antal empirical calculation method, and, based on evaporation measurements carried out in Mernye since 2015, proposes an approach to improve the estimation of pan evaporation. The results also demonstrate that evaporation has consistently exceeded precipitation over the past decade, underscoring the importance of long-term observations and their application in water resources management and agricultural decision-making.

Az utóbbi évek csapadékban szegény, aszályos időjárása ismét a víz központi szerepére irányította mind a szakemberek, mind a hétköznapi ember figyelmét. A hosszan tartó száraz periódusokban jelentős mennyiségű víz távozott a talaj felső és alsóbb, mélyebb rétegeiből egyaránt, akár csak felszíni vizeinkből, de magából a légkörből is, hiszen – tavasztól őszig – egyre magasabb a légköri aszályos napok száma is.

Ebből következően mind a meteorológus, mind a hidrológus, nem utolsó sorban pedig a mezőgazdasággal foglalkozó szakemberek számára kiemelten

fontos, hogy a csapadékatok mellett rendelkezésre álljanak párolgással kapcsolatos mérési adatok is, amelyekre az előrejelzői, tervezői- és döntési munkafolyamatokat alapozni lehet.

A párolgás mérésére, valamint számítására sokféle mód és módszer került az évtizedek során szakemberek által kidolgozásra. Közös jellemzőjük, hogy bármelyik módszert is választjuk, pontos, egzakt módon nem tudjuk úgy meghatározni, megmérni velük a párolgást, mint pl. a csapadékot.

Jelen tanulmányom részletesebben – a párolgással kapcsolatos alapfogalmak tisztázása után – a Magyarországon elterjedt és évtizedekig használt mérési típust, az „A” típusú káddal történő párolgásmérést, valamint a számítási módszerek közül az *Antal-féle módszert* eleveníti fel, kiegészítve néhány, a mérések során gyűjtött személyes megfigyeléssel, tapasztalattal.

A *Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság* észlelőjeként lakóhelyemen, Mernyén – hidrometeorológiai törzsállomás mérési programjának részeként – 2015 óta folytatok párolgásmérést „A” típusú párolgásmérő káddal.

A párolgás fogalma, fajtái

A párolgás a víz folyékony halmazállapotból gőz állapotba történő átmenetét jelenti. A víz az élet egyik legfontosabb eleme. A növények, az állatok és az ember számára elengedhetetlenül szükséges a víz ahhoz, hogy életüket fenntartsák. Ezért fontos a víz a mezőgazdasági termelés szempontjából is. A 19. század közepétől fokozatosan növekvő ipari termelés számára ugyancsak szükség van vízre. Az emberiség fokozatosan növekvő létszáma miatt pedig a vízszükséglet is fokozatosan növekszik. Egy lehetséges éghajlatváltozás szintén a vízellátás befolyásolásán keresztül fejthet ki jelentős hatást az élelmiszertermelésre.

A növények termesztéséhez szükséges egyik legfontosabb anyag a víz. A Földön található víz 97,5%-a a Világtengerben tárolódik, az Antarktisz és az Északi-sark hó- és jégmezői pedig az összes vízmennyiség mintegy 2%-át teszik ki. A fennmaradó rész az, amely a földi életet támogatja. Ez a vízmennyiség az, amely a földi életet támogatja. Ez a vízmennyiség az, amely a földi életet támogatja. Ez a vízmennyiség az, amely a földi életet támogatja.

A lehulló csapadékmennyiségnek mintegy egyharmada az, amely a folyókba kerül, onnan pedig az óceánokba. A talajba jutó vízmennyiségnek is egy része a gyökérzóna alatti rétegekbe szivárog, táplálja a talaj vízkészletét. A gyökérzónában fennmaradó rész (talajnedvesség) pedig egyrészt a talajon keresztül párolog a levegőbe (*evaporáció*), egy másik rész pedig a növényeken keresztül, *transpiráció* (fiziológiai folyamat) útján kerül a légkörbe.

Amikor a víz közvetlenül a csupasz talajból párolog, azt *evaporációnak* nevezzük, amikor növényen keresztül történik a víz elpárologtatása, azt pedig *transpirációnak*.

Amikor növényzettel borított talajról párolog a víz a levegőbe, vagyis a talaj és a növény együttes párolgatatásáról van szó, akkor *evapotranspirációról* beszélünk.

A párolgás különböző intenzitással történik, s ezerről is megkülönböztetünk párolgási szinteket. Ezek a *potenciális párolgás* és a *tényleges párolgás*. A párolgást akkor nevezzük *potenciálisnak*, ha a párolgáshoz

szükséges víz nincsen korlátozva, és így a párolgás a környezeti (meteorológiai) tényezőktől függ. Ezért ezt korábban a szabad vízfelszínről történő párolgással tekintették egyenlőnek. *Tényleges párolgásról* akkor beszélünk, ha a víz korlátozott mennyiségben, csak egy küszöbérték alatti értékben áll rendelkezésre (*Varga-Haszonits et al.*, 2019).

A párolgás mérése

A párolgás mint vízháztartási és mint energetikai tényező, egyaránt foglalkoztatja a hidrológus és meteorológus szakembereket. Egzakt és pontos mérési/számítási módszer azonban mind a mai napig nem ismeretes. A legnagyobb nehézséget az okozza, hogy a párologtató felületek sokféle volta miatt – nem tekintve az éghajlati adottságokat –, a párolgás értéke igen nagy változatosságot mutat. Nem szorul különösebb bizonyításra, hogy a szabad vízfelszín (édesvíz, sósvíz), a vizenyős, mocsaras vagy csupasz talaj (különböző talajtípusok), a növényzettel borított felszín és a hó mind más és más mértékben párologtat.

Jellemző értéként megadható ugyan az ún. éghajlati párolgás, de ez az érték „átlagos talajfelszín”-re vonatkozik. Ám a természetben nincs „átlagos felszín”, s így konkrét esetekre (pl. tó, erdő, szántóföld stb.) nem ad az éghajlati párolgás jellemző értéket.

Az alkalmazott kutatásokban a párolgásmérés két ágazatra oszlik: az egyik a természetes, szabad vízfelszínek (tavak, folyók, víztározók, nemkülönben a hófelszín) evaporációjának, a másik pedig a növényzettel borított talajfelszín evapotranspirációjának a vizsgálata (*Dunay*, 1966).

A meteorológiai, hidrometeorológiai állomások feladata az evaporáció, ezen belül a szabad vízfelszínek párolgásának mérése (*Meteorológiai megfigyelések kézikönyve*, 1987).

A vízfelületek párolgását – meghatározott térségben – elsősorban az éghajlati adottságok befolyásolják. Értékük mindenekelőtt függ a légtér párafeltevő képességétől (telítési hiányától). Légmozgás esetén a párolgó vízfelület feletti légtömegek folyamatosan kicserélődnek, ami a párolgás növekedéséhez vezet.

A meteorológiai tényezők mellett a vízfelület párolgására hatással van magának a vízfelületnek, pontosabban a víztartónak az alakja, mérete, fekvése is. Az egyes tavak, tározók ilyen vonatkozású egymás közötti eltérései szigorúan véve azt jelentik, hogy az egyes tavak párolgása csak meghatározott feltételekkel hasonlítható egymás között össze, másfelől a tavak párolgása csak közelítően alkalmas az éghajlati

adottságok területi differenciáltságának feltárására. Ez utóbbira a *párolgásmérő kádak* alkalmasabbak, amelyek alakjukban és méretükben biztosítják a párolgási értékek összehasonlíthatóságát. Ugyanakkor még ebben az esetben is számolni kell azzal, hogy a kádpárolgást részben a földrajzi fekvéssel, részben a tengerszint feletti magassággal összefüggő éghajlati adottságokon kívül a talaj és a növényzet differenciáltságából adódó lokális hatások is befolyásolják.

A mérőkádas párolgásészleléseknél a méréstechnikai jellegű hibaforráson túlmenően számolni kell még egy körülménnyel, ami megnehezíti a különböző helyek észleléseinek összehasonlítását, nevezetesen azzal, hogy a kádpárolgás értéke függ a telepítésre éppen kiválasztott közvetlen mikrokörnyezettől.

A párolgás nagysága nemcsak a vízfelületre érkező energia nagyságától függ, hanem a környezetnek, a talajnak és a légtérnek hőcsere útján átadott vagy átvett hőmennyiségétől is. A párolgó víz és környezetének felszíni energiamérlegében mutatkozó különbségek az ún. oázis-hatáshoz vezetnek, amelyek eredményeképpen a kádak mérési eredményei – az oázis-hatás nélkülihez képest – nagyobbak adódnak.

Ugyancsak a mikrokörnyezeti tényezők közé sorolható a párolgási kád környezetének felszíni formáival, talaj- és növényadottságaival, a felszín nedvességi állapotával összefüggően helyileg változó felszíni érdesség. A felszíni érdesség kihat a felszínközeli szélviszonyokra, a légretesződésnek a hőmérséklet függőleges változásával kapcsolatos stabilitására, a turbulens hőkicserélődésére, s mindezekkel együtt magára a párolgásra (Nováky, 1984).

A párolgásmérő kádoknak több típusa ismeretes.

1. „A” típusú kád. Kör alakú, átmérője 120,65 cm, magassága 25,4 cm. A párolgó felület nagysága 1,14 m². Átlagos víztömege kb. 0,25 m³. A kád fehérre festett vas, vagy alumíniumlemezről készül, és a talajfelszínre helyezett 2,5-5 cm vastagságú farácsra állítva működik.
2. „G” típusú kád. 0,3 m² párologtató felületű, 60 cm mélységű, földbe süllyesztett.
3. „U” típusú kád. 3 m² párologtató felületű, 50 cm vízmélységű, földbe süllyesztett. (Dunay, 1966).

A kádpárolgásmérés múltja és jelene

A hazai vízügyi gyakorlatban az első észlelőkádakat a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet (VITUKI) 1951-ben helyezte el a kecskeméti „Komlósi Imre” telepen. Ezt követte 1954-ben a mirhogyolcsi (kunhegyesi) észlelőkád telepítése.

A kecskeméti észlelési tapasztalatokat felhasználva a VITUKI 1958-tól kezdődően fokozatosan építette ki az országos kádhálózatot. A hálózat kiépítésekor egyfelől az volt a cél, hogy az észlelési adatok segítségével lehetőség nyíljon az éghajlati és időjárási adottságok területi differenciálására, másfelől kezdetől fogva figyelembe vették a gyakorlati igényeket is. Ez utóbbiakat szem előtt tartva telepítettek észlelőkádakat a meglévő vagy tervezett hegy- és dombvidéki tározók és halastavak közelében.

Az országos kádhálózat telepítésének első szakaszában 1961-ig 10 állomás épült ki, mely az 1980-as évek elejére 22-re bővült. Az állomásokon a vízfelület párolgásának mérésére a hazai elgondolású, „U” típusú kád terjedt el, de emellett megtalálható volt az „A” és „G” típus is.

A VITUKI mellett párolgásmérő kádakat üzemeltettek a területileg illetékes vízügyi igazgatóságok, a Gödöllői Agrártudományi Egyetem, a sarvasi Öntözési és Rizstermesztési Kutató Intézet, valamint az Országos Meteorológiai Intézet is (Nováky, 1984).

Az Országos Meteorológiai Intézet 1965-ben határozta el országosan egységes párolgásmérő hálózat létesítését. A hálózat alapműszerül az „A” típusú kádat jelölte ki az alábbi megfontolások alapján:

- Mivel a kád nincs érintkezésben a talajjal, a hőátvitel túlnyomórészt a levegőből történik, így energetikailag jól definiálható zárt rendszert alkot.
- A növénytakaróhoz hasonlóan, kis tehetetlenséggel követi az időjárás változásait.
- Mivel a kád pereme magasabban helyezkedik el a talajfelszínnél, így nem kell számolnunk – csapadékhulláskor – cseppbeverődéssel.
- Aránylag kis felület révén – szabályos kezelés esetén –, a szél hatására nem alakulnak ki peremen átcsapó hullámok.
- A perem állása következtében még a 15-20 cm-re felnőtt növényzet sem módosítja a párolgás értékét.
- Mivel a vízszint a talajfelszínnél magasabban van, kisebb a szél okozta szennyeződés, mint a földbe süllyesztett kádaknál.
- A baleset (pl. beleesés) veszélye jóval kisebb, mint a süllyesztett kádaknál.
- Az elpárologtatott víz pótlására legtöbbször elég egy vödörnyi víz.
- Felállítása, karbantartása, tisztítása egy személy által könnyen elvégezhető.

- Nincs kitéve a talajban fellépő korrózió veszélyének, így szivárgási hiba nem lép fel.
- A kád előállítása egyszerű és nem túl költséges.
- A Nemzetközi Geofizikai Év referencia-műszere volt.
- A Meteorológiai Világszervezet standard műszerré nyilvánította.

Hátrányként megemlítendő, hogy hőmérséklet-érzékenysége folytán többet párologtat, mint a természetes, szabad vízfelszín, bár e hiba többé-kevésbé a többi kádtípusnál is jelentkezik.

1965-ben a Szarvasi Agrometeorológiai Kutatóállomáson párolgásmérés-kísérleteket indítottak el, amelyeket 10 db, „A” típusú káddal végeztek. A kísérletek eredményei a következőképpen foglalhatók össze:

- Az „A” káddal történő párolgásmérés alaphibája – gondos észlelés és kezelés esetén – $\pm 4\%$.
- A vízfelszín hőmérsékletét az „A” típusú kádaknál jellemezhetjük a vízhőmérséklet déli értékével, sőt helyettesíthetjük a levegő hőmérsékletével.
- Amennyiben a kád peremétől mért vízszint nem csökken 4 cm alá, a párolgás mértéke nem változik (csökken) jelentősen, a mért adatok nem szorulnak korrekcióra.
- A havonként rendszeresen tisztított kádak időközi szennyeződése nem okoz javítandó hibát a párolgásmérésben.
- Farács hiánya vagy meghibásodása a párolgási adatokban nem okoz figyelembeveendő eltérést.
- A használatos kétféle vízszintmérővel (Fazekas-féle kúptárcsás mikrométer, illetve a Hénitóth-féle merítőedényes vízszintmérő) mért adatok minden további számítás nélkül összehasonlíthatók. (Dunay, 1966).

Egyrészt a párolgásméréssel kapcsolatos kutatások eredményei, másrészt a kiépített észlelőhálózatban összegyűjtött többéves észlelői tapasztalatok együttesen járultak hozzá ahhoz, hogy az 1990-es évek elejére gyakorlatilag az „A” típusú kád maradt a párolgásmérés egyedüli eszköze (1. ábra), a „G” és „U” típus kiszorult a mérési gyakorlatból. A „G” és „U” típusú káddal történő párolgásmérés egyedül Sopronban működik még.

2018-ig az Országos Vízügyi Főigazgatóság és az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) állomásainak korábbi területi összehangolása alapján mintegy 25 állomáson folyt párolgásmérés. 2018. április 1-től az OMSZ megszüntette – hivatalosan – a párolgásmérést.



1. ábra. „A” típusú párolgásmérő kád.

Az OMSZ jogutódjaként működő *HungaroMet Nonprofit Zrt.* mérőhálózatában azonban – fakultatív jelleggel – még az alábbi településeken működik párolgásmérés „A” típusú mérőkáddal:

- Szombathely
- Miskolc
- Sopron („G” és „U” kád is)
- Fertőrákos
- Paks
- Mosonmagyaróvár

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság szakmai irányításával jelenleg a vízügyi igazgatóságokon, az alábbi helyszíneken folytatnak párolgásmérést „A” típusú mérőkáddal:

- Fertőrákos
- Agárd
- Balatonszemes
- Balatonakali
- Vámosoroszi
- Szabolcsveresmart
- Császárszállás
- Apavára
- Mernye
- Kisköre

Az iménti felsorolásból jól látható, hogy az „A” típusú mérőkádat használó állomások száma mára jelentősen csökkent. Ennek egyik oka az észlelőhiány. A méréseket április 1-től november 1-ig kell végezni napi 3 alkalommal. Ezt a lekötöttséget csak kevesen tudják vállalni. Történtek ugyan próbálkozások a mérés automatizálására, de ezek végül a mérési gyakorlatban széles körben nem kerültek megvalósításra.

Megjegyzendő, hogy bár a párolgásmérés végrehajtása nem igényel különösebb szakmai végzettséget, azonban nagyfokú precizitást és pontosságot követel meg a mérést végző személytől annak érdekében, hogy a mért adatok későbbi kutatásban felhasználhatóak legyenek.

Másrészt – időközben – többféle matematikai összefüggés került kidolgozásra, így ezek segítségével a párolgás értékei – gyakorlatilag az ország bármely pontjára – meghatározhatóvá váltak.

A HungaroMet Zrt. mérőhálózata mára már több száz automata meteorológiai mérőállomást számlál. Ezek mindegyike egységes típusú, kalibrált mérőműszerrel rendelkezik, és kiemelkedő pontossággal méri a párolgászámításhoz szükséges alapvető meteorológiai paramétereket úgy, mint a léghőmérsékletet, légnedvességet és a szélsébséget. Ráadásul számítással a teljes évre, az év bármelyik napjára meghatározható a párolgás mértéke, nem csupán az áprilistól október végéig tartó fagymentes időszakra, amikor a párolgásmérő kádakkal amúgy mérni lehet. Ugyanakkor az áprilistól október végéig megmért kádpárolgási adatok is értékesek a mezőgazdaság számára, hiszen ez az időszak nagyjából egybeesik a termesztett növények vegetációs periódusával.

A párolgás mérésének menete „A” típusú mérőkáddal

Az alábbiakban összefoglalom az „A” típusú káddal történő párolgás-mérés pontos menetét, valamint utalok néhány olyan szabályra, amelyeknek a betartásával csökkenthetők a technikai jellegű mérési hibák.

Mielőtt ismertetem a párolgásmérés pontos végrehajtását, fontosnak tartom kiemelni, hogy a párolgásmérő kádak telepítésénél, elhelyezésénél ugyanazoknak a feltételeknek teljesülnie kell, mint a többi meteorológiai műszer elhelyezése esetében (hőmérséklet- és légnedvesség érzékelők, sugázmérők, csapadékmérők, szél-mérők). Tehát a párolgásmérő kádat nyílt, sík területen kell elhelyezni. Közvetlen közelében ne legyenek fák, bokrok és épületek, amelyek a mérést befolyásolhatják. Talaja megegyezzen a mérőhely tágabb környezetének talajával rövidre vágott gyeppel borítsa. Biztosítsuk, hogy a kád körüli növénytakaró – 5 méter sugarú körben – ne nőjön a kád pereme fölé, de ne is irtsuk ki. Ezeket a telepítési szabályokat okvetlenül be kell tartani annak érdekében, hogy a párolgásmérő kád ne csupán a körülötte lévő, szűk környezet párolgási viszonyait tükrözze.

Mérési idő az április 1-október 31. közötti időszak, amikor a méréseket rendszeresen kell végezni. Az első mérési időpontja: április 1., 7 óra, az utolsó: november 1., 7 óra.



2. ábra. Hényi-Toth-féle merítőedény.

Az észleléseket a meteorológiai „terminus” észlelések időpontjaiban végezzük (nyári időszakítás esetén 1 órát hozzáadva), közvetlenül a meteorológiai megfigyelések után, az alábbi módon:

- A kád vízállásának mérése 7 és 19 órakor,
- A vízhőmérséklet mérése 7, 13 és 19 órakor,
- Csapadékmérés 7 és 19 órakor.

Ahogy korábban említettem, a kád vízszintjének mérésre a Fazekas-féle kúptárcsás mikrométer, valamint a Hényi-Toth-féle merítőedényes vízszintmérő (2. ábra) eszköz használható. Mivel a Fazekas-féle kúptárcsás mikrométer mára teljesen kiszorult a mérési gyakorlatból, így csak a merítőedényes mérési módszert részletezném.

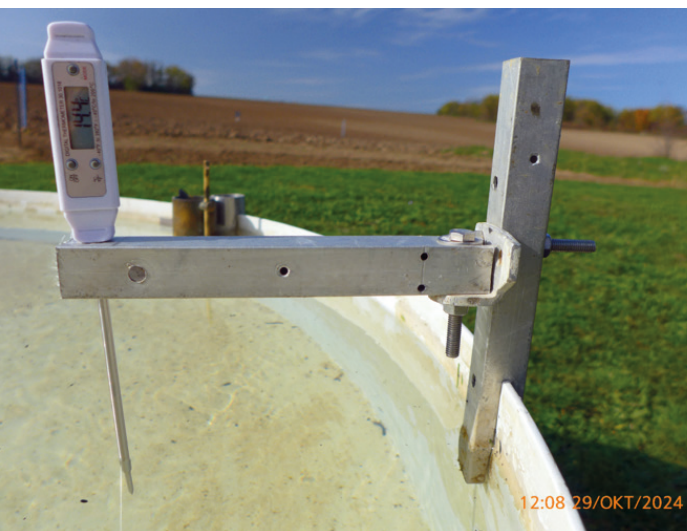
A vízállás méréséhez a merítő edényt kinyitott csappal a csillapítócsőbe helyezzük. A behelyezés után kb. 1 percig várjunk, hogy a merítőedény – csillapítócső – kád rendszerben a víz kiegyenlítődhessen. Ennyi idő feltétlenül szükséges, mert mind a merítőedényben, mind a csillapítócsőben kicsiny a közlekedő nyílás.

A vízszint beállása után, kezünkkel az edényt kissé leszorítva, elzárjuk a csapot. Az edényt kiemeljük, s tartalmát a Piche-csőbe öntjük, úgy, hogy a víz az utolsó cseppig távozzon belőle.

A Piche-cső mérési határa 20,0 mm. Ha ettől magasabb a vízállás a merítőedényben, akkor értelemszerűen 2 részletben kell a mérést elvégezni.

Mérés után a Piche-csőből a vizet a párolgásmérő kádba juttassuk vissza, és a csőben visszamaradt vizet suhintással távolítsuk el, mert a benne maradt víz akár 2-3 tized mm-el is meghamisíthatja a következő mérést. A leolvasást – a csapadékméréshez hasonlóan –, tized mm pontossággal végezzük el, és az eredményt feljegyezzük (*Meteorológiai megfigyelések kézikönyve*, 1987).

Mindhárom észlelési terminusban (7, 13, 19 órakor) megmérjük a vízfelszín hőmérsékletét a kád oldalától számított 15-20 cm távolságban kb. 1,5 cm mélyen. Ehhez a kereskedelmi forgalomban kapható, digitális kijelzésű ellenállás-hőmérőket is használhatjuk, könnyen, gyorsan és kielégítő pontossággal elvégezhető velük a vízhőfok mérése (3. ábra).



3. ábra. Digitális hőmérő vízhőfok mérésére.

Amennyiben észleltünk csapadékhullást, ne feledkezzünk meg 7 és 19 órakor csapadékot is mérni, és a mért értéket szintén vezessük be az észlelési napló megfelelő rovatába. Párolgás kiszámításakor a két vízszint közötti különbségéhez a mért csapadékmennyiség hozzáadandó.

A kád vízszintjét meghatározott határok között kell tartani ahhoz, hogy a vízszintmérésekből reálisan következtethessünk a párolgás mértékére. Túl magas vízszint esetén ugyanis számolni kell azzal, hogy a víz időnként kicsap a kád peremén, másrészt túl alacsony vízszint esetén nem fog behatolni a víz a mérőedénybe. Ezért, ha a vízszint csapadékhullás következtében túl magassá válik, le kell merni a vízből, ellenben hosszán tartó száraz időjárásban az elpárolgó vizet a kád feltöltésével kell pótolni.

A vízszint mesterséges módosítása esetén, ahhoz, hogy a vízszint összes változásából a párolgás nagysága kikövetkeztethető legyen, szükséges mind az eredeti, mind pedig a módosított vízszintet ismerni. Ezért feltöltés vagy lemerítés alkalmával, a művelet előtt és után is, meg kell mérni a vízszintet. Ha különös ok nem indokolja (pl. hirtelen nagy mennyiségű csapadék lehullása), a vízszintet az előírt mérési időpont alkalmával kell módosítani, ezzel egy mérést is megtakarítunk (ilyenkor a módosítás előtti vízszintet a módosítás tényétől függetlenül, mindenképpen meg kell mérni).

Feltöltésnél vagy lemerítésnél a kád szélétől 2-3 cm-s peremtávolságot igyekezzünk létrehozni. Csapadékra hajló, vagy viharos időjárásban a 3 cm-hez közeli, míg nyugodt, csapadékmentes időjárásban a 2 cm-hez közeli beállítás a helyes (Jákfalvi-Szudár, 2009).

Ne engedjük, hogy a kád vízszintje a kád peremétől számított 4 cm-es távolságot megközelítse vagy túllépje, mert ebben az esetben a kád palástjának szélárnyékoló hatása már jelentősebb mértékben csökkenti a párolgást, így a mért érték a valóságostól alacsonyabb lesz.

Ugyanakkor a 2 cm-től kisebb peremtávolság sem kívánatos, mert az erős szél kiemelheti a kádból a víz egy részét, ami – tévesen – párolgásként jelentkezik. Célszerű a kád oldalán festékkel jelölni a vízszint alsó és felső határait.

A párolgásmérő kádak karbantartásáról nagyon röviden csak annyit szeretnék szólni, hogy amennyiben úgy látjuk, a kád vize elszennyeződött, cseréljük le a vizet, tisztítsuk ki a kádat, töltsük fel tiszta vízzel. Nyári melegben az algásodás megelőzésére kiválóan alkalmasak az úszómedencékhez kifejlesztett bármelyik algaölő szer. Amennyiben a szél szilárd szennyeződések (pl. falevelet) befúj a kádba, azt távolítsuk el a víz felszínéről. A mérítőedényt időnként érdemes ecetes oldatba vagy vízkőoldó szerbe állítani, hogy a kicsiny közlekedőnyílást esetlegesen eltömítő vízkőlerakódásokat eltávolíthassuk a pontos mérések érdekében.

Kádpárolgás kiszámítása

A párolgásmérő kádak üzemeltetése során különféle – a mért adatok minőségét rontó – hibák keletkezhetnek, amelyek a mért adatokat eltorzíthatják, vagy éppen elfogadhatatlanná teszik.

A hibalehetőségek közül a következők a leggyakoribbak:

- Erős szél által a kádban keltett hullámzás miatt – gondos kezelés ellenére – a víz túlcsap a kád szélein. Az így elvesztett vízmennyiség párolgásként szerepel, pedig valójában nem az.
- Hirtelen fellépő, nagymennyiségű csapadéknál túlfolyás léphet fel, ezért a helyes párolgási érték nem állapítható meg.
- Előfordulhat, hogy állatok beleittak a kád vízébe. Elsősorban közeli erdős területek mentén, olyan helyen fordulhat elő, ahol a műszerkert nincs bekerítve.
- Hibás észlelés: az esetek többségében azonban elkerülhető, ha a mérés végeztével rögtön kiszámítjuk a párolgás értékét és nem hagyjuk a havi

összesítés idejére. Ha gyanú merül fel, hogy a mérésünk hibás, azonnal pótolható a mérés.

- Bármely okból elmaradt észlelés (Ács, 1977).
- Végezetül megemlítek még egy esetet, amelyet az észlelői munkám során több alkalommal személyesen tapasztaltam:

Azokban az esetekben, amikor intenzív zápor haladt át a mérőállomásom területén, gyakran szembesültem azzal, hogy a mért párolgási értékek irreálisan magasak voltak. Ennek okát abban láttam, hogy a kádba történő intenzív csapadékbehullás következtében a kádban lévő vízmennyiség egy része kiverődött és párologásként jelentkezett.

Ötletszerű találgatás helyett olyan matematikai összefüggések után kutattam a szakirodalomban, amelyekkel hitelt érdemlő módon megközelíthető és kiszámítható a kádpárolgás napi értéke.

A kádpárolgás kiszámítására a szakirodalomban nagyszámú képletet, összefüggést találunk. Terjedelmi okokból ezeket itt most nem részletezném.

Hazánkban az evapotranspirációs mérések alapján Antal Emánuel 1968-ben kidolgozta az alábbi empirikus formulát. Ez a modell abból a feltevésből indul ki, hogy mind a hőmérséklet, mind a telítési párahiány (E-e) exponenciálisan növeli a párolgást.

A módszer számítási formulája szerint:

$$PE = 0,74 (E - e)^{0,7} (1 + \alpha T)^{4,8}$$

Ahol: E a napi átlaghőmérséklethez tartozó telítési párányomás /hPa/,
e a napi átlagos párányomás /hPa/,
 α a levegő hőtágulási együtthatója $\alpha = 1/273$ °C,
ami egyenlő 0,003663 °C-al.

T a napi középhőmérséklet °C (Szász-Tőkei, 1997).

A számítási képlet alapján az eredményt mm/nap mértékegységben kapjuk meg. A számítási eljárás természetesen akkor válik be, ha a meteorológiai elemek (lég hőmérséklet, légnedvesség, telítési hiány) mért értékei kielégítő pontosságúak.

A sokféle számítási képlet közül azért ezt az összefüggést választottam, mert az ezzel a formulával végzett számításokhoz csupán néhány paraméter szükséges, másrészt a HungaroMet Nonprofit Zrt. (korábban Országos Meteorológiai Szolgálat) elektronikus adatbázisában ([1] <https://odp.met.hu/>) – gyakorlati tapasztalatok alapján – szintén ezzel a formulával történik a napi potenciális párolgás kiszámítása (az adatbázisban „upe” jelöléssel szerepel) minden mérőállomás esetében.

Méréseim során azt tapasztaltam, hogy az általam mért párolgási értékek, és az Antal-féle formulával meghatározott kádpárolgás értékei eltérést mutattak. A számítással meghatározott értékek – kevés kivételtől eltekintve – több tizeddel magasabbak voltak, mint a káddal mért értékek.

Ahhoz, hogy az Antal-féle összefüggést alkalmazzuk tudjuk kádpárolgás számítására, minden hónap (áprilistól-októberig) minden napjára ki kell számítani a párolgást a fenti összefüggéssel, majd káddal mért párolgási értékek és a fenti összefüggéssel kiszámított párolgási

$$K_A = \frac{\text{„A” káddal mért PE}}{\text{Képlettel számított PE}}$$

értékek hányadosát kell képeznünk:

Így kapjuk meg az 1. táblázatban szereplő havi átlagos K_A szorzókonstansokat.

ÉV/HÓ	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
2015.	0,9161	1,0064	0,9498	0,7942	0,7808	0,9033	0,6445
2016.	0,9476	0,9759	0,9431	0,7888	0,8225	0,6452	0,5840
2017.	0,8460	0,9068	0,8642	0,8056	0,6599	0,6667	0,5755
2018.	0,8670	0,8982	0,8789	0,8715	0,7920	0,7475	0,5907
2019.	0,8656	0,9375	0,8792	0,7903	0,7512	0,7649	0,6293
2020.	0,7947	0,9580	0,9064	0,7837	0,7181	0,7152	0,5642
2021.	0,7611	0,9954	0,8355	0,8256	0,7611	0,7231	0,7195
2022.	0,7744	0,8190	0,7365	0,7878	0,7744	0,7156	0,5588
2023.	0,9271	0,9657	0,8841	0,8902	0,8119	0,7569	0,5746
2024.	0,7767	0,8260	0,8655	0,8438	0,7771	0,6680	0,5016
2025.	0,8577	0,9090	0,9116	0,8291	0,8229	0,7871	0,6068
ÁTLAG:	0,8485	0,9271	0,8777	0,8191	0,7702	0,7358	0,5954

1. táblázat. Szorzókonstansok az A-kád párolgásának számításához.

Az „A” típusú kád párolgását tehát a következő képlettel számíthatjuk ki:

$$PE_A = K_A * PE \text{ [mm/nap]}$$

Ahol K_A az 1. táblázatban szereplő szorzókonstans, PE pedig az Antal-féle összefüggéssel meghatározott potenciális párolgás (Ács, 1977).

Tehát a napi kádpárolgás értékét (mm/nap) úgy kapjuk meg, ha az Antal-féle formulával kiszámított párolgást a táblázatban szereplő konstansokkal megszorozzuk. Ilyen módon lehetőségünk van arra, hogy a hibás vagy hiányzó észlelést számítással pótoljuk.

Fontos hangsúlyozni, hogy a fenti szorzótényezők megállapításához a Mernyén végzett párolgásmérés szolgált alapul. Annak eldöntésére, hogy ezek a szorzókonstansok mennyiben alkalmasak az ország más pontján a kádpárolgás kiszámítására, ahhoz további vizsgálatok, kísérletek szükségesek, hiszen az eltérő mérési körülmények következtében (ideértve a korábban említett oázis-hatást is) más és más eredmények születhetnek.

Fontos továbbá megjegyezni, hogy a táblázatban szereplő havi szorzótényezők átlagos konstansok, ebből következőleg számítással egy-egy nap párolgását csak közelítőleg tudjuk meghatározni. Így, amennyiben

a mérés pontosságát semmilyen tényező nem befolyásolta (erős szél, záporosó vagy túlsordulás), – kényelmi szempontból – ne mulasszuk el a mérést végrehajtani.

Csapadék és párolgás

Ahogy a bevezetőben említettem, Mernyén 2015-től működik párolgásmérés „A” típusú káddal. Az összegyűjtött egy évtizednyi párolgási adatsor már segítséget nyújthat annak megállapításában, hogy milyen összefüggéseket találhatunk a lehullott csapadék mennyisége és a mért párolgási értékek között.

A 2. táblázatban láthatjuk a mért csapadék-és párolgási adatokat áprilistól októberig terjedő időszakra vonatkoztatva, 2015-től egészen 2025-ig.

Éves összehasonlításban az áprilistól októberig terjedő időszak párolgása minden évben magasabb volt,

ÉV/HÓNAP		IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Összeg
2015.	Csapadék mm	7,0	131,9	11,9	65,3	13,4	95,2	128,8	453,5
	Párolgás mm	98,6	101,0	123,9	123,6	150,0	71,0	17,0	685,1
2016.	Csapadék mm	15,3	92,5	43,3	159,5	54,3	44,8	71,7	481,4
	Párolgás mm	71,4	84,4	116,1	113,5	105,8	93,7	26,1	611,0
2017.	Csapadék mm	33,9	61,0	102,6	87,0	34,4	104,7	95,2	518,8
	Párolgás mm	66,7	111,4	185,2	161,9	187,3	61,9	27,8	802,2
2018.	Csapadék mm	14,4	51,2	119,9	51,6	67,3	77,2	12,9	394,5
	Párolgás mm	110,0	125,5	99,8	117,7	140,6	90,7	65,4	749,7
2019.	Csapadék mm	53,5	148,8	60,1	81,8	76,9	25,5	28,9	475,5
	Párolgás mm	79,1	59,4	133,1	146,6	129,7	93,9	61,5	703,3
2020.	Csapadék mm	16,7	33,7	78,3	72,4	87,9	28,6	95,3	412,9
	Párolgás mm	89,7	100,6	110,2	124,5	109,0	54,0	35,4	623,4
2021.	Csapadék mm	27,3	85,0	19,0	51,5	22,0	55,1	57,3	317,2
	Párolgás mm	68,7	94,1	143,4	163,4	129,6	96,3	44,9	740,4
2022.	Csapadék mm	47,6	57,7	98,0	43,8	57,0	80,8	9,5	394,4
	Párolgás mm	83,6	99,8	108,5	148,2	139,4	60,6	38,7	678,8
2023.	Csapadék mm	46,9	85,1	78,7	104,4	40,3	44,1	60,4	459,9
	Párolgás mm	70,1	78,9	93,6	147,1	98,3	89,0	55,6	632,6
2024.	Csapadék mm	35,3	75,8	98,8	12,1	31,9	112,6	77,6	444,1
	Párolgás mm	83,9	106,9	111,7	175,3	175,0	91,8	34,5	779,1
2025.	Csapadék mm	36,2	40,5	6,2	37,8	49,9	33,5	42,0	246,1
	Párolgás mm	83,2	89,7	178,1	150,4	155,9	89,0	55,5	801,8

2. táblázat. Csapadék-és párolgási adatok, Mernye.

mint az ugyanebben az időszakban lehullott csapadék mennyisége. Az évek közül kiemelkedik a 2025-ös esztendő, amikor is a párolgás – áprilistól október végéig tartó időszakot vizsgálva – több mint 3-szorosa volt a lehullott csapadék mennyiségének.

Ha egy-egy hónap csapadék-párolgás viszonyát tekintjük, akkor pozitív és negatív eltérést egyaránt felfedezhetünk az adatsorban. A teljesség igénye nélkül csak néhány hónapot emelnék ki:

2015 áprilisában és 2024 júliusában a párolgás a lehullott csapadékmennyiségnek mintegy 14-szerese volt, 2025 júniusában pedig közel 29-szerese.

Előfordult néhány alkalommal azonban olyan szerencsésnek mondható eset is, amikor a lehullott csapadékmennyiség volt magasabb a párolgásnál. Leginkább októberben találhatunk ilyen értékeket. 2015 októberében – a párolgáshoz viszonyítva – majdnem 8-szoros csapadéktöbbletet regisztráltam, de 2016, 2017 és 2020 októberére is kb. 3-szoros csapadéktöbblet volt jellemző.

Összességében tehát elmondható, hogy bár előfordultak olyan hónapok, amikor az érkező csapadéktöbblet mind az álló-és folyóvizek szintjét, mind pedig a talajok vízkészletét pozitív irányban befolyásolta, azonban éves összehasonlításban arra kell következtetnünk, hogy a párolgás mértéke – legalább is az utolsó tíz év adatait vizsgálva – hol kisebb, hol nagyobb mértékben, de meghaladja a lehullott csapadék mennyiségét.

A közel-és távoljövőben tehát – látva az éghajlatváltozás eddigi következményeit – a vízre, mint az élet alapvető elemére egyre nagyobb figyelem fog összpontosulni. Mind a hidrológia, meteorológia, mind pedig a mezőgazdaság szakembereinek, de az egész gazdasági élet szereplőinek is – a jelenlegiekén túlmenően – olyan további alternatív megoldásokat kell keresniük, amelyek segítenek az egyre kisebb mennyiségben rendelkezésre álló víz hatékonyabb megőrzésében és felhasználásában. Ebben döntő szerepe van a kisgyermekkortól elkezdett céltudatos nevelésnek is.

„A” típusú kádpárolgás-mérés jelenlegi és jövőbeni szerepe

Ahogy tanulmányomban utaltam rá, az „A” típusú káddal történő párolgásmérő állomások száma mára nagymértékben lecsökkent. Analóg mérésről lévén szó, állandó személyi jelenlétet igényel a mérési időszakban (április-október), amit ma már kevesen tudnak vállalni. A mérés pontosságát többféle hibaforrás is ronthatja.

Mindezek fényében felmerül a kérdés, van-e létjogosultsága a kádpárolgás mérésének a jövőben? Véleményem szerint azokon a helyeken érdemes a méréseket

folytatni, ahol már eleve hosszútávú adatsor áll rendelkezésre (pl. nagy tavaink mellett). Ilyen helyszínek például a területileg illetékes vízügyi igazgatóságok hidrometeorológiai állomásai, amelyek mérési programjában szerepel a párolgásmérés. Mindezekben a mérési helyeken biztosított az adatsorok folytonossága és azok homogenitása.

Másik felhasználási területe a kádpárolgási adatoknak a párolgásszámításra korábban megalkotott matematikai összefüggések további korrekciója, pontosítása lehet. Ehhez azonban az szükséges, hogy azokon a helyeken, ahol még működik a párolgásmérés, ott valóban ne szűnjön meg a jövőben, illetve – tájegyiségenként – néhány új állomás létesítése is kívánatos lenne. Fontos lenne a megbízható eredményt szolgáltatató automata mérőeszközök használatba vétele.

Harmadrészt a káddal történő párolgásmérés mint analóg mérési módszer – a csapadékméréshez hasonlóan – egyfajta keretet, napirendet ad a mérést végző személy mindennapi életében. A meteorológiai észleléseknél – az automata mérőrendszerek mellett – továbbra is szükség lesz – elsősorban a vizuális észleléseket illetően – személyi jelenlétre, ami mintegy kiegészítik és megerősítik az automata mérőműszerek által rögzített adatokat.

Mindezek megvalósulásához azonban elengedhetetlenül szükséges, hogy sikerüljön eredményesen megszólítani a jövőben azon személyeket, akik komoly érdeklődést és elhivatottságot mutatnak a meteorológiai és hidrológiai szakma iránt.

Irodalomjegyzék

- Ács L., 1977: Az „A” típusú kád párolgásának számítása meteorológiai adatokból. *Léghő*, 22, 70-74.
- Dunay S., 1966: Párolgásmérés „A” típusú káddal. *Időjárás*, 70, 337-347.
- Jákfai M. és Szudár B., 2009: Előírás földfelszíni meteorológiai mérésekre. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- Meteorológiai Megfigyelések kézikönyve, 1987. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- Nováky B., 1984: Csapadék, párolgás. Vízrajzi Intézet, Budapest.
- Szász G. és Tőkei L., 1997: Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Varga-Haszonits Z., Lantos Zs., Kalocsai R. és Szakál Tamás, 2019: A párolgás fogalma, formái és meghatározásuk. *Acta Agronomica Ováriensis* 60. különszám, 47-49., Mosonmagyaróvár. https://real.mtak.hu/192917/1/EPA03114_acta_agronomica_ovariensis_2019_ks_047-071.pdf

Internetes hivatkozások

- [1] Meteorológiai Adattár, HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt., Budapest. <https://odp.met.hu/>

MEGVÁSÁROLHATÓ

4500 Ft

FELHŐATLASZ

A felhőkről mindenkinek

312 oldal, 305 felhőfotó a Kárpát-medencéből



Mi alapján különböztetjük meg a felhőket?

Hogyan jönnek létre, mi a nevük és milyen érdekességek fűződnek a felhőkhöz?

Milyen időjárás-változás várható az egyes felhők megjelenésekor?

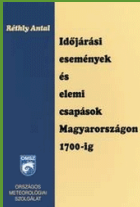
Milyen veszélyes jelenséget látunk: szupercellát, peremfelhőt vagy felhőtölcsért?

Mit tudunk a szivárványról, halóról, délibábról és más légköroptikai jelenségekről?

Ezekre és más kérdésekre is választ kaphat az Olvasó a könyvben.



A könyv megrendelhető
a rendezveny@met.hu e-mail címen.



VEDD MEG, VAGY OLVASD ONLINE!

Réthy Antal "Időjárás események és elemi csapások Magyarországon" című négykötetes műve megvásárolható, vagy elérhető digitalizált formában is.

A négy kötet ára 10.000 Ft.



MEGVÁSÁROLHATÓ

4900 Ft

A LÉGTÜNEMÉNYTANTÓLA KÁOSZELMÉLETIG

MAGYAR METEOROLÓGIAI BIBLIOGRÁFIA

A múlt tanulmányozása segíthet abban, hogy tisztábban lássuk: merre érdemes haladnunk a jövőben.

Bozó László és Mészáros Ernő akadémikusok célja, hogy átfogó képet nyújtsanak a magyar nyelvű meteorológiai szakirodalomról, Berde Áron Légtüneménytan című művétől kezdve egészen napjainkig, kötetünkben részletesen ismertetve a hazánkban megjelent meteorológiai témájú tudományos kiadványokat.



A könyv megrendelhető a rendezveny@met.hu e-mail címen



2025/2026 telének időjárása

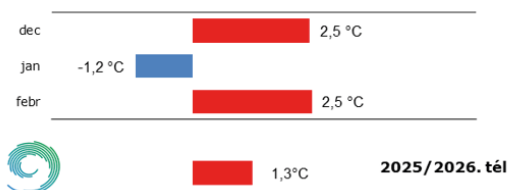
Szolnoki-Tótván Bernadett

HungaroMet Nonprofit Zrt., totivan.b@met.hu

A 2025/2026-os tél országos átlagban 1,3 °C-kal melegebb volt az 1991–2020-as átlagnál, ezzel sorozatban már a kilencedik enyhébb télnek bizonyult. Bár az évszak csapadékösszege kismértékben elmaradt a megszokottól, annak időbeli és térbeli eloszlása rendkívül egyenetlenül alakult: a rendkívül száraz decembert csapadékos január, majd átlagközelű február követte. Az évszakot több markáns hideg- és havazási periódus is jellemezte, így a korábbi telekhez képest jóval több hótakarós nap fordult elő, miközben az ország egészen pozitív hőmérsékleti anomália volt megfigyelhető.

A hőmérséklet és csapadék időbeli alakulása

2025/2026 tele sorozatban már a kilencedik olyan tél volt, amelyik melegebb, mint a sokéves átlag. Az évszak a 24. legmelegebb tél lett az éghajlati rangsorban, megelőzve a tavalyit. Országos átlagban 1,7 °C volt a háromhavi középhőmérséklet, mely 1,3 °C-kal haladta meg az 1991–2020-as normált (1. ábra). A december és a február külön-külön is melegebb volt a megszokottnál, előbbi a 14., utóbbi pedig a 17. legmelegebb adott hónap. Csapadék szempontjából az átlagnál szárazabb évszak rajzolódik ki,



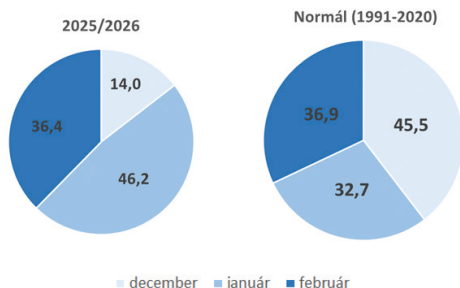
1. ábra. Az országos havi és az évszakai középhőmérséklet eltérése a sokévi (1991–2020-as) átlagtól 2025/2026 telén (interpolált adatok alapján).

Éghajlati indexek értékei 2025/2026 telén és ezek sokéves átlagai

	2025/2026	1991–2020
Fagyos nap ($T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$)	48	63
Hideg nap ($T_{\min} \leq -5^{\circ}\text{C}$)	15	24
Zord nap ($T_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$)	5	8
Téli nap ($T_{\max} \leq 0^{\circ}\text{C}$)	15	22
Csapadékos nap ($r \geq 0,1 \text{ mm}$)	39	31
Havas nap	15	16
Hótakarós nap	22	29

1. táblázat. A 2025/2026-os tél során jegyzett különböző éghajlati indexek és ezek 1991–2020-as sokéves értékei.

Téli csapadékösszegek (mm) havi bontásban

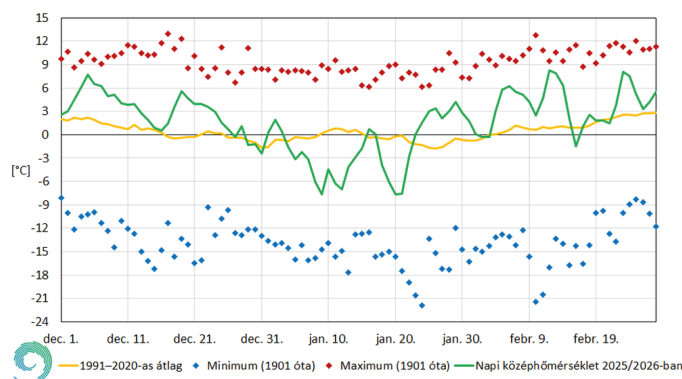


2. ábra. A 2025/2026-os tél havi csapadékösszegei és a normál területarányos kördiagramon (mértékegység: mm).

de különösen egyenetlen volt az időbeli eloszlás. Egy nagyon száraz hónapot egy csapadékos, majd egy átlagos követett. A küszöbnapok alapján is látható, hogy a szokásosnál enyhébb, átlagosan csapadékos volt az elmúlt évszak (1. táblázat). Fagyos napból a megszokott háromnegyedét jegyeztük a télen. Hideg és téli napból ugyanannyi jelentkezett, de mindkettő elmaradt a sokéves átlagtól. Zord napból viszont az előző évekhez viszonyítva több fordult elő, de még így is kevesebb, mint a megszokott. A csapadékos napok száma 25%-kal meghaladta a sokéves értéket, a havas napok alig maradtak el a megszokottól. Emellett 22 hótakarós napról is beszámolhatunk, ami az elmúlt időszakban ritkaság. Utoljára 2018/2019 telén regisztráltunk húsznál több ilyen napot, azóta minden évben 10 alatt maradt a számuk.

A 2. ábrán a kördiagram az elmúlt télen lehullott csapadék mennyiségét és évszakon belüli eloszlását hasonlítja össze az 1991–2020-as normálidőszakokkal. Az ábrán – ahol a kördiagramok területei arányosak a havi és évszakai csapadékösszegekkel – látható, hogy az évszak csapadékösszege kismértékben elmaradt a sokéves átlagtól. Míg a normál esetében a három hónap sorrendben közel 40-30-30%-át adja az évszakai összegnek, addig ez 2025/2026 telén 14-48-38% volt. Az elmúlt 126 év éghajlati adatsorában 2025 decembere a 10., 2026 januárja a 99., a február a 77., míg maga a tél a 44. helyre került a legszárazabb időszakok sorában.

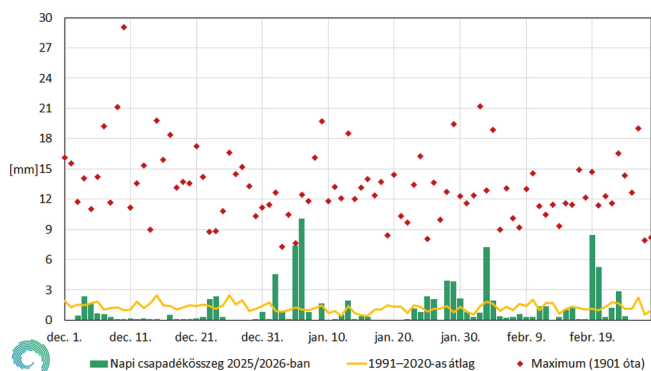
A 3. ábra a 2025/2026-os tél napi középhőmérsékleteit, sokéves átlagait, valamint az 1901 óta tapasztalt szélsőértékeit mutatja be. Az évszak 90 napjából 23 napon voltak a normálnál alacsonyabbak a napi átlaghőmérsékletek. Ebből a 23 napból 2 februárban, 4 decemberben, a fennmaradó 17 pedig januárban fordult elő. A januári 17 hideg nap 4-e és 22-e között két hosszabb időszakot alkotott, mindössze 16-án és 17-én emelkedett az 1991–2020-as átlag – és fagypont – fölé



3. ábra. Országos napi középhőmérsékletek, a sokéves átlag (1991–2020), illetve a szélsőértékek 1901 óta 2025/2026 telén homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján.

a középhőmérséklet. Az évszak leghidegebb napja január 9-e lett, amikor országos átlagban $-7,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot mértünk, mely $8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal maradt el a sokéves normáltól. A tél első és utolsó hónapjában viszont nagyon enyhe napokat tapasztaltunk. Mindkét hónap első dekádjában volt egy-egy olyan 4-5 napos időszak, amikor az átlagnál 4-5 fokkal volt melegebb. A tél legmelegebb napját február 12-én regisztráltuk: $8,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt a középhőmérséklet, mely 7,5 fokkal haladta meg a normált.

A 4. ábra a csapadék időbeli alakulását mutatja a tél folyamán. A napi országos átlagok a sokéves értékek közelében mozogtak, de egy-két alkalommal megközelítették a maximum értékeket. Ezen az ábrán jól megfigyelhető a száraz december, a mért értékek az egész hónap során elmaradtak a sokéves átlagtól. A hónap közepén (december 9-16. között) egy hideg-párna alakította időjárásunkat, ködös, borult napokat tapasztaltunk. Bár 24-én a magasabb területeken már havazás is előfordult, síkvidéken erre az év utolsó napjáig várni kellett, amikor az Észak-Dunántúlon havazott, a Bakonyban többfelé 10 cm-t elérő hótakarót mértek. A csapadékhullás január elején folytatódott, 2-án főként eső esett, de helyenként havazás, havas és ónos eső is előfordult. A csapadék mennyisége az északi országrészben jellemzően 1 mm alatt maradt, de délen 10-37 mm között alakult. 5-én újabb csapadékösszeg érkezett térségünkbe, majd 7-én délelőttig több hullámban fordult elő országos csapadékhullás, kiterjedt területen havazott. A friss hóréteg vastagsága Sopron térségében és a Sopron-Vasi-síkságon 10 cm alatt maradt, de az ország legnagyobb részén 15-30 cm között alakult. 9-13. közt ismét csapadékos napok következtek, vegyes halmazállapotú csapadékkal. Majd néhány napos szünet után 23-tól ismét megnövekedett a csapadékhajlam. 23-án és 24-én vegyes halmazállapotú volt a csapadék (havazás, ónos és fagyott eső,



4. ábra. Országos napi átlagos csapadékösszegek, a sokéves napi átlagok (1991–2020), illetve a maximumok 1901 óta 2025/2026 telen homogenizált, ellenőrzött, interpolált adatsorok alapján.

eső), majd 25-én és 26-án eső esett. 27-ére az ország legnagyobb részén – a magasabban fekvő tájak kivételével – elolvadt a hó. 28-án egy melegfront vonult át felettünk, országszerte volt csapadék, jellemzően eső formájában, de az Északi-középhegységben havazás és ónos eső is előfordult. 29-én és 30-án szintén főként eső esett, viszont északon havazott. 31-én már egyre kisebb területen volt csapadék, az is főként a keleti országrészben, ahol havas esőt, esőt, hószállingózást észleltek. Síkvidéken nem alakult ki megmaradó hótakaró, de a Kékestetőn lévő meteorológiai állomásunkon fokozatosan nőtt a hóréteg vastagsága. Február

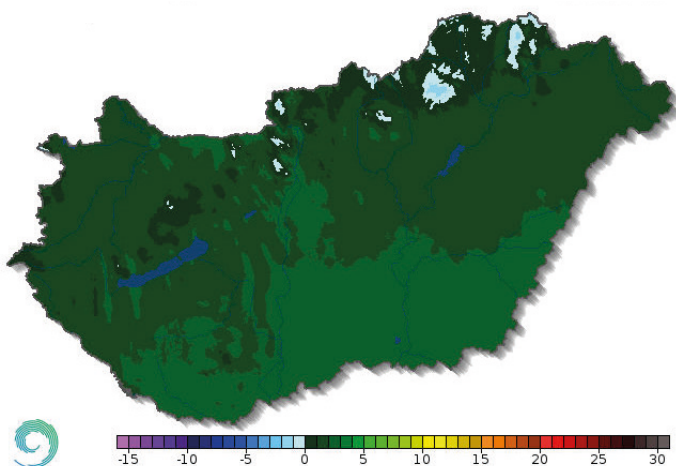
A hónap során mért legmagasabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	Állomás	Napja
december	17,3 °C	Sellye	december 19.
január	12,2 °C	Sellye	január 9.
február	17,6 °C	Kaposvár Fészerlak, Simontornya	február 28. február 12.
A hónap során mért legalacsonyabb hőmérséklet			
	Hőmérséklet	Állomás	Napja
december	-12,1 °C	Zabar	december 31.
január	-25 °C	Szécsény	január 9.
február	-9,7 °C	Gerecse tető	február 16.

2. táblázat. A téli hónapok során mért legmagasabb és legalacsonyabb hőmérsékletek 2025/2026-ban.

A hónap legnagyobb csapadékösszege			
	Csapadék	Állomás	
december	49,1 mm	Hegymagas	
január	89,4 mm	Gyula Máriafalva	
február	97,4 mm	Felsőszőlők	
A hónap legkisebb csapadékösszege			
	Csapadék	Állomás	
december	0,3 mm	Dédestapolcsány Gelejt Szikszó	
január	14,5 mm	Szombathely	
február	14,6 mm	Tés	
24 óra alatt lehullott maximális csapadék			
	Csapadék	Állomás	Napja
december	17,8 mm	Sopron Brennbergbánya	december 4.
január	31,1 mm	Kölked	január 2.
február	55,0 mm	Felsőszőlők	február 19.

3. táblázat. A téli hónapok során mért legnagyobb és legkisebb havi csapadékösszegek, valamint a 24 órás maximumok 2025/2026-ban.

első napjaiban egy melegfront hatására többfelé vegyes halmazállapotú csapadék hullott: a kezdeti kiterjedt havazást délnyugat felől fokozatosan ónos eső, fagyott eső, majd eső váltotta fel. 4-től már csökkent a csapadék mennyisége, majd 9-én érkezett utánpótlás. Ekkor észak felől hideg levegő áramlott a Kárpát-medencébe, így az ekkor hulló csapadék halmazállapota is vegyes volt. Ezt követően is csapadékos – és a sokéves átlagnál jóval melegebb – napokat tapasztaltunk az óceán felől érkező meleg, nedves léghullámoknak köszönhetően. 19-én és 20-án egy mediterrán ciklon hatására sokfelé volt kiadós csapadék. 19-én az ország nyugati felén és az Északi-középhegységben hó hullott – a Nyugat-Dunántúlon viharossá fokozódó szél hófúvást okozott –, a középső országrészben eső esett, keleten viszont nem volt csapadék. 20-án reggelre az Alpoknál 20-30 cm vastag friss hóréteg alakult ki, és ezen a napon is folytatódott a havazás a Dunántúlon. A Dél-Alföldön estig



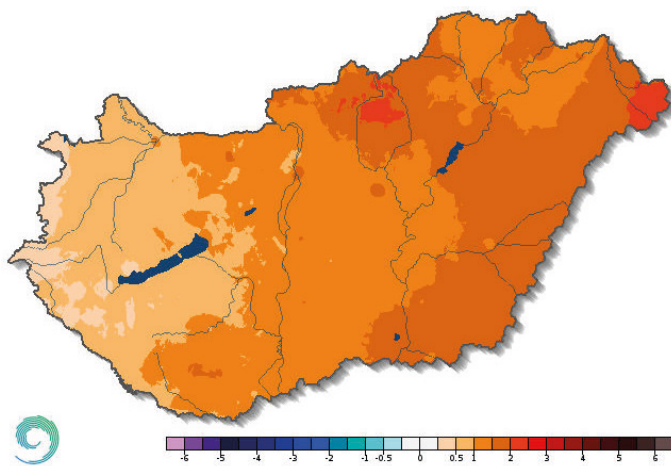
5. ábra. A 2025/2026-os tél középhőmérséklete (°C).

eső esett, majd ott is havazásra váltott át a csapadék halmazállapota, az északi és északkeleti tájak viszont szárazon maradtak. Az északias szelet erős, viharos lökések kísérték, a Dunántúlon és az északkeleti tájakon ismét hófúvás alakult ki. 21-én is sokfelé hullott még csapadék, eleinte havas eső, ónos eső is előfordult, majd 22-től a legjellemzőbb halmazállapot az eső volt. 23-án késő este a Dunakanyarban és délkeleten zivatar is kialakult. A nyugati határszélen maradt meg a legtovább a hótakaró, de 24-én reggelre ezeken a területeken is elolvadt. A hónap utolsó napjaiban anticiklonális hatások alakították időjárásunkat, napos, száraz időben volt részünk, erősödött a nappali felmelegedés.

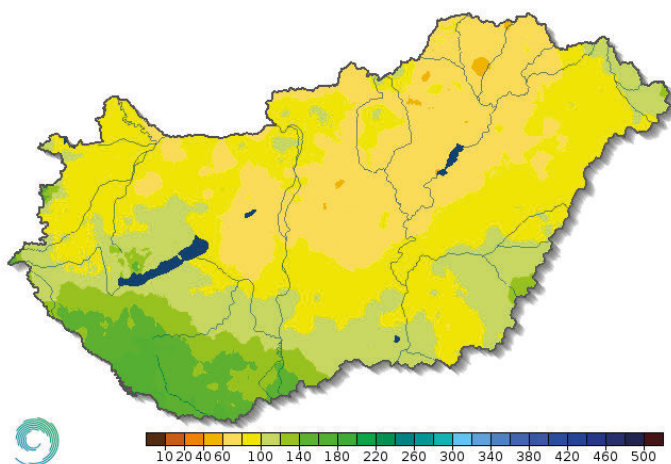
A hőmérséklet térbeli eloszlása

Hazánk legnagyobb részén a tél középhőmérséklete 0 °C felett alakult (5. ábra). Fagypont alatti évszakos átlag csak a középhegységeinkben fordult elő. A Csurgó-Túrkeve vonaltól északra 1-2 °C között, míg ettől a vonaltól délre 2-3 °C között mozgott a háromhavi középhőmérséklet. A legalacsonyabb évszakos átlagot Kékestetőn regisztráltuk (-0,9 °C), míg a legmagasabb értéket Pécs Egyetem állomáson (3,0 °C).

A 6. ábrán a hőmérsékleti anomáliát ábrázoltuk. 2025/2026 telén az egész országban az 1991–2020-as átlag felett alakult a középhőmérséklet. Az anomália mértéke nyugatról kelet felé haladva nőtt, a legkisebb eltérés a nyugati határ mentén mutatkozott. A Dunántúl nyugati részén +0,5 °C és +1,0 °C közti anomália jelent meg, míg a Dunántúl keleti tájain és a Duna-Tisza közén +1,0 °C és +1,5 °C közötti értékek adódtak.



6. ábra. A 2025/2026-os tél középhőmérsékletének eltérése a sokévi (1991–2020) átlagtól.

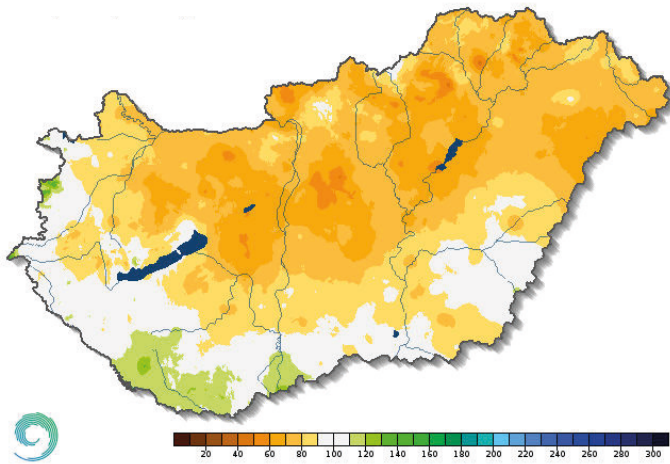


7. ábra. A 2025/2026-os tél csapadékösszege (mm).

A Tiszától keletre már +1,5 °C és +2,0 °C közötti, lokálisan (Szatmári-sík, Mátra) pedig a +2,0 °C-ot is meghaladó eltérés figyelhető meg.

A csapadék térbeli eloszlása

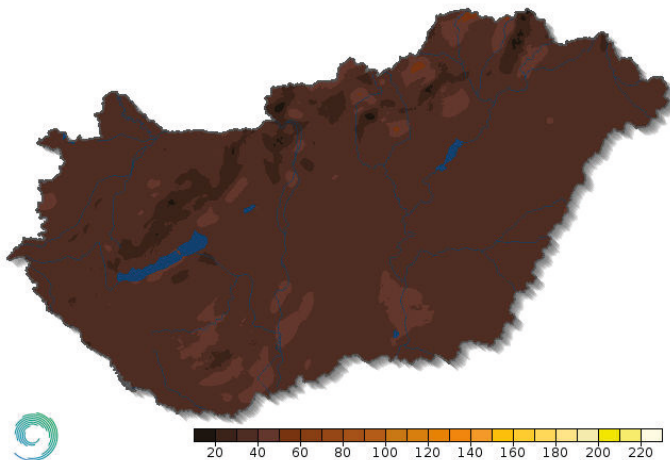
A tél csapadékösszege országos átlagban 97 mm volt. A 7. ábrán látható, hogy ennek eloszlása egyenetlen volt, a déli-délnyugati országrészekben több, északon pedig kevesebb csapadék hullott. A Szentgotthárd-Szeged vonaltól délre eső területen, Békéscsaba térségében, valamint a Szamos folyótól az országhatárig 100 mm feletti évszakos összegeket regisztráltunk. A legcsapadékosabb térség Belső-Somogy volt, itt a Dráva folyó mentén a 160 mm-t is



8. ábra. A 2025/2026-os tél csapadékösszege a sokévi (1991-2020-as) átlag százalékos arányában kifejezve.

meghaladta a lehullott csapadék mennyisége. A Kisalföldön, az Északi-középhegységben, valamint az Alföldön északi részén 100 mm-nél kevesebbet összegeztünk. A legszárazabb tájakon – melyek az Északi-középhegységben tűnnek fel – 60 mm alatt maradt a téli csapadékösszeg. A legkevesebb csapadékot, 32 mm-t Szikszó Vízmű állomáson mértük, míg a legmagasabb csapadékösszeget, 183 mm-t Vízváron regisztráltuk.

A télen lehullott csapadék mennyisége a déli és nyugati területeket kivéve hazánk legnagyobb részén elmaradt a sokéves értéktől (8. ábra). A déli határ



9. ábra. A 2025/2026-os tél globálisugárzás összege (kJ/cm²).

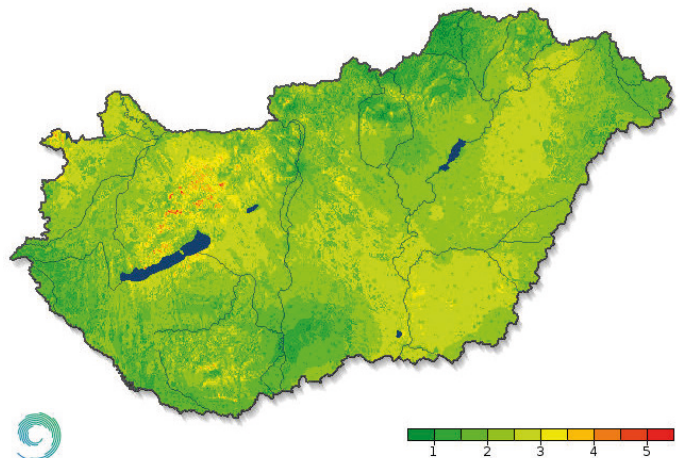
mentén, illetve Kőszeg térségében pozitív anomália is feltűnik (110-130%). A legnagyobb hiány főként az Északi-középhegységben alakult ki, itt sokfelé a megszokott mennyiség 60%-a sem érkezett.

A globálisugárzás térbeli eloszlása

Az elmúlt tél folyamán hazánk legnagyobb részén 30-40 kJ/cm² között alakult az évszakos globálisugárzás-összeg, mely elmarad az előző télen tapasztalt értékektől. A területi eloszlása viszont a megszokottnak megfelelően alakult. Az alacsonyabb értékeket a középhegységeinkben figyelhettük meg, a legtöbb globálisugárzás pedig az Alföldre érkezett (9. ábra). A legalacsonyabb mért összeg Miskolc Diósgyőr állomáson és Sátoraljaújhelyen 30 kJ/cm² volt, míg a legmagasabb Kékestetőn és Újféhértón, 42 kJ/cm².

A szélsébség térbeli eloszlása

2025/2026 telén az átlagos szélsébség hazánk legnagyobb részén 1 és 3 m/s közt alakult (10. ábra). Területileg az előző időszakokhoz hasonló képet mutat: a legalacsonyabb értékek az Északi-középhegységet, a délnyugati határ mentét és a Duna-Tisza-közének nyugati felét jellemezték. A legmagasabb, 4 m/s-ot meghaladó átlagértékek a Dunántúli-középhegységben fordultak elő. Az átlagszél mellett fontos megemlíteni a szellőkéseket is, januárban és februárban a viharossá fokozódó szél többször okozott hófúvást.



10. ábra. A 2025/2026-os tél átlagos szélsébsége 10 m-es magasságban (m/s).

2025/2026. tél időjárási adatainak összesítője
(a mért értékek és az eltérések az 1991–2020-as sokéves átlagtól)

Állomás	Sugárzás, kJ/cm ²	Hőmérséklet, °C						Csapadék, mm			Szél
	évszakos összeg	évszak közép	eltérés	max	napja	min	napja	évszak összes	átlag %-ában	$r \geq 1$ mm napok	viharos nap ($v_s \geq 15$ m/s)
Szombathely	36	1,2	0,6	16,8	2026.02.23	-14,7	2026.01.08	66	78	13	5
Nagykanizsa		1,3	0,4	17,2	2026.02.28	-19,0	2026.01.12	127	100	21	3
Pér		1,7		15,0	2026.02.28	-13,9	2026.01.21	62	60	14	7
Siófok	34	1,8	0,8	16,0	2026.02.12	-11,2	2026.01.21	83	79	18	7
Pécs		2,3	1,0	15,9	2025.12.19	-11,5	2026.01.11	116	100	22	3
Budapest	34	2,2	1,3	15,1	2026.02.14	-11,4	2026.01.21	73	72	16	1
Miskolc	30	1,2	1,6	13,8	2026.02.13	-14,3	2026.01.11	81	82	16	0
Kékestető	42	-0,9	1,9	10,7	2025.12.10	-11,3	2026.01.11	76	53	16	25
Szolnok		2,0	1,4	14,2	2026.02.12	-17,4	2026.01.09	55	59	20	3
Szeged	41	2,6	1,8	15,9	2026.02.23	-14,4	2026.01.09	100	103	19	7
Nyíregyháza	34	1,5	1,7	13,7	2026.02.12	-14,0	2026.01.11	91	93	19	4
Debrecen		1,9	1,8	14,7	2026.02.05	-16,4	2026.01.11	61	62	18	3
Békéscsaba	37	2,3	1,7	15,0	2026.02.05	-17,8	2026.01.09	105	94	23	3



A 2025/2026-os tél időjárása agrometeorológiai szempontból

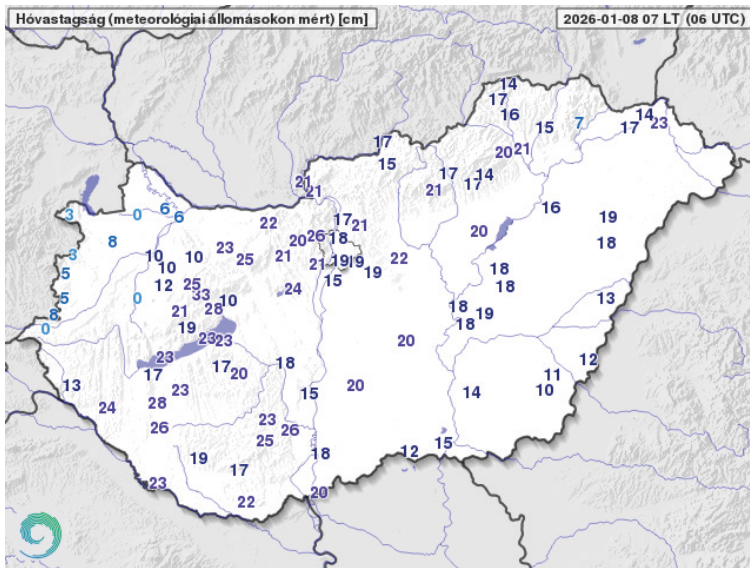
Erdődiné Molnár Zsófia, Kovács Attila Viktor

HungaroMet Nonprofit Zrt., molnar.zs@met.hu

Az idei tél is illeszkedik az évek óta tartó, az átlagosnál enyhébb telek sorába azzal együtt is, hogy január nagy részében igazán télies, a mezőgazdaság számára kedvező időjárásban volt részünk jelentős hótakaróval, kemény fagyokkal.

November utolsó dekádjában kezdődött el a talajok őszi-téli feltöltődése, ekkor kiadós esők öntözték a földeket, ami a meglehetősen egyenetlenül kelt őszi kalászosok számára igen jól jött. Decemberben azonban megtorpant ez a folyamat. A hónap elején főként a nyugati országrészben esett számottevő mennyiségű eső, majd hosszú időn át anticiklon határozta meg időjárásunkat. A borongós, párás, többfelé ködös, egyhangúan szürke időben legfeljebb csak szitálás fordult elő. Kis napi hőingás mellett jellemzően az éjszakák is fagymentesek voltak, így az ilyenkor szokásosnál több fokkal enyhébb időjárás, és a gyökérzónában jelen lévő megfelelő mennyiségű nedvesség egyaránt segítette az őszi vetések erősödését. Karácsonykor kezdődött változás, december utolsó hetében északira forduló áramlással több hullámban is hideg légtömegek érkeztek fölénk, és a nap is kisütött. Számottevő csapadék ekkor is csak a Dunántúlon hullott, részben hó formájában, így a decemberi csapadékösszeg a középső és északkeleti országrészekben nagy területen 10, helyenként 5 mm alatt maradt. Az év végére a talaj felső egy méteres rétege csak kis területen, délnyugaton és északon került telítettség közeli állapotba, az Alföldön továbbra is 100-140 mm nedvesség hiányzott a telítettséghez. A hőmérséklet bár jelen-

tősen visszaesett a karácsony előtti időszakhoz képest, de még így is a sok éves átlag körül vagy kevéssel a fölött alakult. Január elején azonban beköszöntött az igazi tél, amire már évek óta nem volt példa. Több hullámban érkezett havazás, de helyenként ónos eső is esett, a hőmérséklet pedig több fokkal a sokéves átlag alatt alakult. Voltak napok, amikor a napi középhőmérséklet is -5 és -10 fok közöttinek adódott, éjszaka pedig nagy területen hűlt -15, helyenként -20 fok alá a levegő. Az őszi vetéseket 10-20 cm-es hótakaró védte a hidegtől (*1. ábra*), ami a talajt sem engedte nagyobb mélységben átfagyni. A fagyos idő csaknem három héten át kitartott, így az idén a korábbi teleknél nagyobb mértékben gyérültek a károkozók és kártevők. Január utolsó dekádjában történt jelentős enyhülés, ami számottevő csapadékkal, nagyrészt esővel is járt. A hó ekkor elolvadt, a talajok töltődése újabb lendületet vett. A változékony, az átlagosnál kissé enyhébb, csapadékos időjárás februárban is folytatódott, havazás, havas eső, ónos eső, eső egyaránt előfordult. Január-február fordulóján tíz nap alatt 10-35 mm csapadék hullott, ráadásul a legtöbb az Alföldön, ahol a legnagyobb szükség volt rá, mert ott még január végén is sokfelé hiányzott 60-90 mm nedvesség a felső egy méteres talajrétegből a telítettséghez

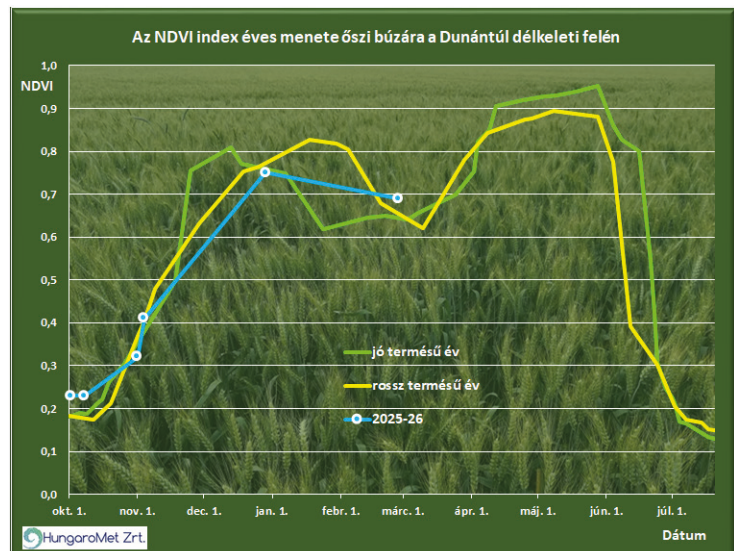


1. ábra. Hóvastagság adatok 2026. január 8-án (cm).

képest. Február második hetében tovább emelkedett a hőmérséklet, napközben többször, többfelé melegegett 10 fok fölé a levegő, a napi középhőmérsékletek pedig 4-7 fok között alakultak, ami már számottevően zavarta a növények nyugalmi állapotát. A tél azonban még nem ért véget, a hónap közepén még előfordultak -5 és -8 fok közötti fagyok, és többfelé havazott is. Az igazi tavaszi időjárás csak február utolsó hetében köszöntött be. A napos, nagyrészt száraz időben napközben 10-15 fokig melegedett a levegő, de a vegetáció hirtelen megindulását viszfafogták az éjszakai fagyok. A vegetációs időszak előbb a Dunántúlon, majd az ország keleti felén kezdődött el, a hónap második felében egyre többfelé megduzzadtak, majd megpattantak a korai csonthéjasok rügyei. Bár februárban gyakran hullott több-kevesebb csapadék, összességében az ország nagy részén 5-15 mm-rel kevesebb esett az ilyenkor szokásosnál. A tél végére a talaj fél méternél mélyebb rétegei csak a Dunántúl dél-nyugati felén, az északi országrészben és a keleti határ mentén töltődtek fel nedvességgel, az Alföld és a Mezőföld területén sokfelé 40-70 mm hiányzott a felső egy méter telítettségéhez. Az őszi vetések alapvetően jól teleltek át, a tél elején még erősödni is tudtak (2. ábra), a tél végén a felfagyás okozhatott problémát, amikor a nagyon nedves talaj több ciklusban éjjel

megfagyott, nappal pedig kiengedett, és a megemelkedett talaj miatt a növények gyökerei sérülhettek.

Összességében az idei tél is szárazabb és enyhébb volt. Az NDVI műholdas vegetációs index éves menete a tenyészidőszak során őszi búza táblákon (8 véletlenszerűen kiválasztott tábla átlaga) a Dunántúl délkeleti felén a Sentinel-2 műholdak mérései alapján egy jó és egy rossz termést adó évhez viszonyítva ilyenkor szokásosnál. Több csapadék az ősszel szárazabb déli országrészben hullott, így kissé kiegyenlítődtek a nedvességviszonyok. A viszonylag vastag és tartós hótakaró bár nagyon jól jött, de a talajok feltöltéséhez az Alföldön ennél többre lett volna szükség. Napsütésből országszerte kevesebb volt a sokéves átlagnál decemberben a tartós alacsonyszintű rétegfelhőzet, januárban és februárban pedig a gyakori frontátvonulások miatt.



2. ábra. Az NDVI műholdas vegetációs index éves menete a tenyészidőszak során őszi búza táblákon (8 véletlenszerűen kiválasztott tábla átlaga) a Dunántúl délkeleti felén a Sentinel-2 műholdak mérései alapján egy jó és egy rossz termést adó évhez viszonyítva.



A 2025. év éghajlati elemzése

Marton Annamária, Izsák Beatrix, Szentés Olivér, Szolnoki-Tótván Bernadett

HungaroMet Nonprofit Zrt., marton.a@met.hu

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) jelentése szerint a 2025-ös év a harmadik legmelegebb évné számít globálisan 1850 óta a 2024-es és 2023-as évek után. Az ERA5 adatbázis alapján 2025-ben a globális átlaghőmérséklet $14,97^{\circ}\text{C}$ volt, ami $0,13^{\circ}\text{C}$ -kal maradt el az eddigi legmelegebb 2024-es évtől, és mindössze $0,01^{\circ}\text{C}$ -kal múlta alul a második legmelegebb 2023-as évet. 2025-ben az év elején és tavaszán La Niña uralta a Csendes-óceán térségét, majd ENSO-semleges állapot alakult ki március után. A semleges viszonyok arra utalnak, hogy 2025 globális hőmérsékleti rekordjai nem az El Niño jelenségkör miatt, hanem elsősorban a hosszú távú felmelegedés miatt következtek be.

A 2025-ös év $1,47^{\circ}\text{C}$ -kal volt melegebb az (1850-1900-as) iparosodás előtti szintnél, és $0,59^{\circ}\text{C}$ -kal haladta meg az 1991-2020-as normált. 2025-ben a havi globális átlaghőmérséklet az év hat hónapjában, januártól ápriliséig $1,5^{\circ}\text{C}$ -kal haladta meg az ipari forradalom előtti szintet. Ezzel lezárult egy szinte folyamatos, 21 hónapos sorozat, amely 2023 júliusában kezdődött, és 2024 júliusát kivéve minden hónapban $1,5^{\circ}\text{C}$ -kal az iparosodás előtti érték felett volt. A január a legmelegebb volt a feljegyzések kezdete óta, a március, április és május pedig a második helyre került a megfelelő hónapok sorában. Az ERA5 adatbázisa alapján a tél és tavasz a második, míg a nyár és az ősz a harmadik legmelegebb lett. Az adatok szerint a 2023–2025 közötti hároméves időszak több mint $1,5^{\circ}\text{C}$ -kal volt melegebb az iparosodás előtti átlagnál, ami első alkalommal jelent három egymást követő évben ilyen magas anomáliát.

Tovább emelkedett a szén-dioxid légköri koncentrációja, 2025-ben elérte a 427 ppm -et. Világszerte számos szélsőséges eseményt regisztráltak, köztük hőhullámokat, aszályokat, erdőtüzeket és árvizeket egyaránt. A szárazság több régióban is

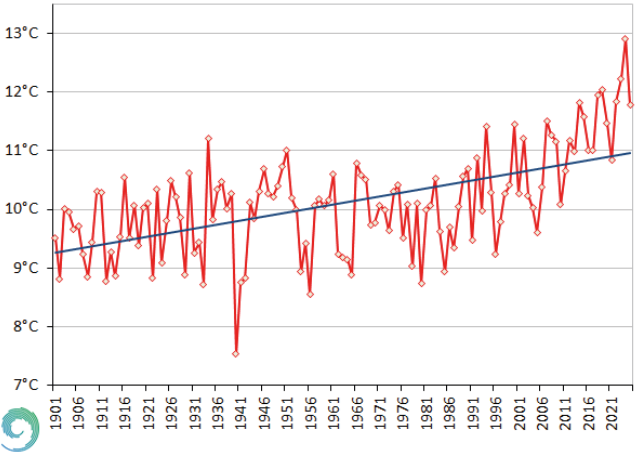
A 2025-ös év Magyarországon országos átlagban 1901 óta					
Legmelegebb évek			Legszárazabb évek		
1.	2024.	$12,94^{\circ}\text{C}$	1.	2011.	$419,8\text{ mm}$
2.	2023.	$12,26^{\circ}\text{C}$	2.	2000.	$423,3\text{ mm}$
3.	2019.	$12,09^{\circ}\text{C}$	3.	1971.	$441,0\text{ mm}$
4.	2018.	$11,97^{\circ}\text{C}$	4.	2025.	$453,3\text{ mm}$
5.	2022.	$11,86^{\circ}\text{C}$	5.	1917.	$457,4\text{ mm}$
6.	2014.	$11,85^{\circ}\text{C}$	6.	1983.	$459,7\text{ mm}$
7.	2025.	$11,78^{\circ}\text{C}$	7.	2003.	$463,5\text{ mm}$
8.	2015.	$11,61^{\circ}\text{C}$	8.	1921.	$465,5\text{ mm}$
9.	2007.	$11,54^{\circ}\text{C}$	9.	1947.	$470,0\text{ mm}$
10.	2020.	$11,49^{\circ}\text{C}$	10.	1961.	$476,9\text{ mm}$

I. ábra. Az országos évi középhőmérsékletek és csapadékösszegek a legmelegebb és legszárazabb évek rangsorában 1901 és 2025 között.

kedvezett az erdőtüzek kialakulásának. A Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) globális tüzadat-asszimilációs rendszere (GFAS) szerint a mediterrán térség intenzív tűztevékenysége miatt az erdőtüzekből származó szén-dioxid-kibocsátás rekordközeli szintet ért el Európában a 2025-ös évben.

	2025	1991-2020
Nyári nap ($T_{max} \geq 25\text{ °C}$)	103	87
Hőség nap ($T_{max} \geq 30\text{ °C}$)	49	29
Fagyos nap ($T_{min} \leq 0\text{ °C}$)	78	90
Téli nap ($T_{max} \leq 0\text{ °C}$)	8	24
Csapadékos nap ($r \geq 0,1\text{ mm}$)	108	117
Havas nap	11	21
Zivataros nap	18	18

1. táblázat. A 2025-ös év során jegyzett különböző éghajlati indexek és ezek 1991-2020-as sokéves értékei.



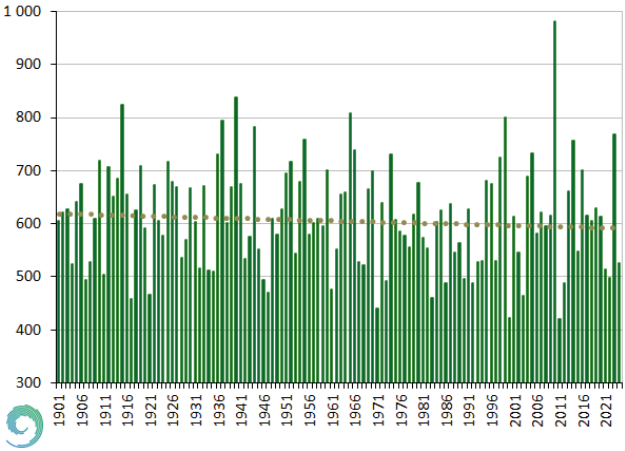
2. ábra. Az évi középhőmérséklet 1901 és 2025 között Magyarországon (homogenizált, interpolált országos átlag).

	Változás 1901-2025 [°C]
tél	1,82 (0,85 - 2,80)
tavas	1,40 (0,84 - 1,96)
nyár	2,02 (1,53 - 2,51)
ősz	1,34 (0,77 - 1,91)
év	1,69 (1,32 - 2,07)

2. táblázat. Az országos évi középhőmérséklet trendjei évszakonként 1901 és 2025 között (a 90%-os megbízhatósági intervallum határaival) Magyarországon.

Kanadában 2003 után ez volt a második legmagasabb szénkibocsátással járó év. Súlyos légszennyezés és hatalmas anyagi károk keletkeztek Los Angeles térségében a nagy kiterjedésű tüzek miatt.

Hazánkban a 2025-ös év középhőmérséklete országos átlagban 11,78 °C-nak adódott (1. ábra), így 1 °C-kal volt melegebb az 1991-2020-as éghajlati normálnál. Az ellenőrzött, homogenizált (MASH v3.03) és interpolált (MISH v1.03) adatok alapján több mint 1 °C-kal maradt el az eddigi legmelegebb (2024) évtől. Az évi középhőmérséklet országos átlaga 90%-os megbízhatósági szinten szignifikánsan emelkedik az 1901-től kezdődő hosszú idősor lineáris trendbecslése alapján (2. ábra). Változása az elmúlt 125 év alatt (1901 és 2025 között) átlagosan +1,7 °C volt, a 90%-os szignifikancia szint pedig legalább +1,32 °C és legfeljebb +2,07 °C hőmérséklet-változás mutat.

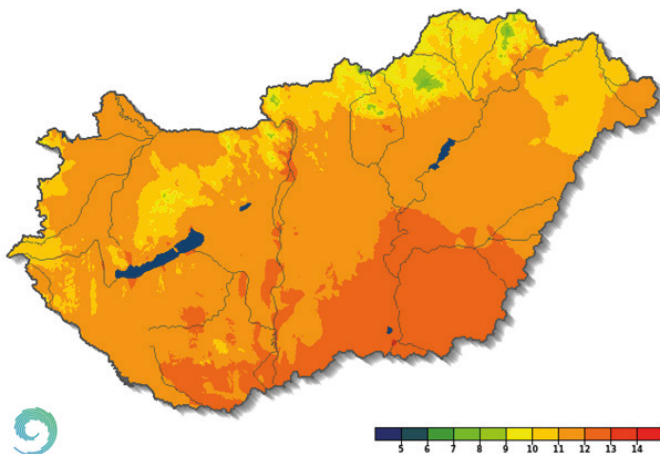


3. ábra. Az évi csapadékösszeg 1901 és 2025 között Magyarországon (homogenizált, interpolált országos átlag).

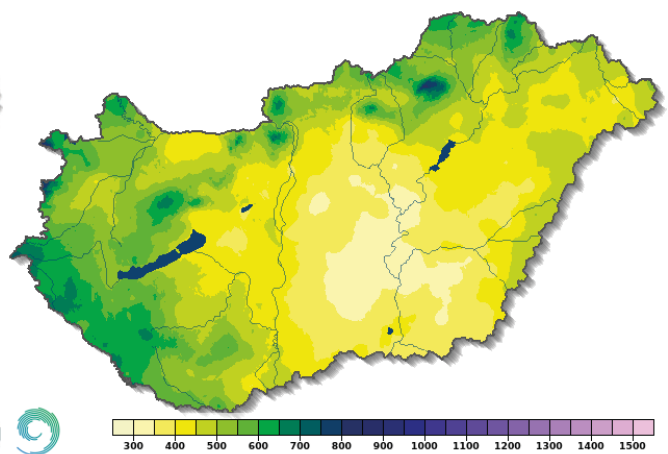
	változás 1901-2025 [%]
tél	3,57 (-13,47 - 23,96)
tavas	-16,63 (-27,04 - -4,74)
nyár	1,76 (-12,44 - 18,25)
ősz	-7,33 (-23,39 - 12,09)
év	-5,68 (-13,09 - 2,36)

3. táblázat. Az országos évi csapadékösszeg %-os változásának trendjei 1901 és 2025 között (a 90%-os megbízhatósági intervallum határaival) Magyarországon.

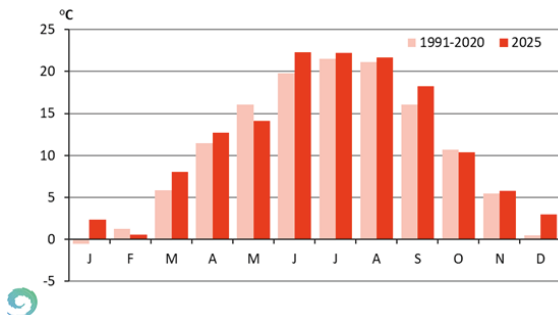
A 2025-ös év során lehullott csapadék mennyisége országos átlagban 453,3 mm, ezzel a 4. legszárazabb év volt 1901 óta. Az elmúlt 125 évben, 1901 és 2025 között – az évi csapadékösszegekhez illesztett exponenciális trend alapján – mérsékelt, átlagosan 5,68%-os csökkenést tapasztaltunk, a csapadék csökkenése azonban statisztikailag nem szignifikáns (3. ábra). A 90%-os megbízhatósági intervallum -13% és +2% közötti változást mutat.



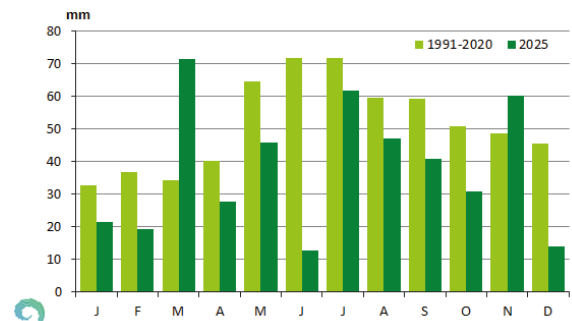
4. ábra. A 2025. évi középhőmérséklet (°C) (homogenizált, interpolált adatok alapján).



6. ábra. A 2025. évi csapadékösszeg (mm) (homogenizált, interpolált adatok alapján).



5. ábra. Az országos középhőmérséklet havi átlagai 2025-ben.



7. ábra. A országos csapadékösszeg havi átlagai 2025-ben.

Hőmérséklet

A 2025-ös év során az ország jelentős részén 11 és 12 °C között alakult az évi középhőmérséklet. Ennél magasabb, 12 °C feletti értékek nagyobb összefüggő területen a déli és délkeleti országrészben fordultak elő. Ezzel szemben az északi területeken, valamint a magasabban fekvő tájakon általában 10 és 11 °C közötti átlagok voltak jellemzőek, míg a legmagasabb hegycsúcsok környezetében az éves középhőmérséklet 9 °C közelében alakult (4. ábra). A legmagasabb éves középhőmérsékletet, 13,8 °C-ot Szeged belterület állomáson mértük, míg a legalacsonyabb éves értéket, 7,7 °C-ot Kékestetőn jegyeztük.

A 2025-ös évben három hónapban mutatkozott negatív havi középhőmérsékleti anomália a sokéves átlaghoz viszonyítva. A legjelentősebb eltérés májusban jelentkezett, amikor a középhőmérséklet mintegy 2 °C-kal maradt el a referenciaperiódus átlagától. Februárban és októberben szintén negatív anomália fordult elő, de egyik hónapban sem haladta meg az eltérés az 1 °C-ot (5. ábra). A további kilenc hónapban a sokéves átlagnál

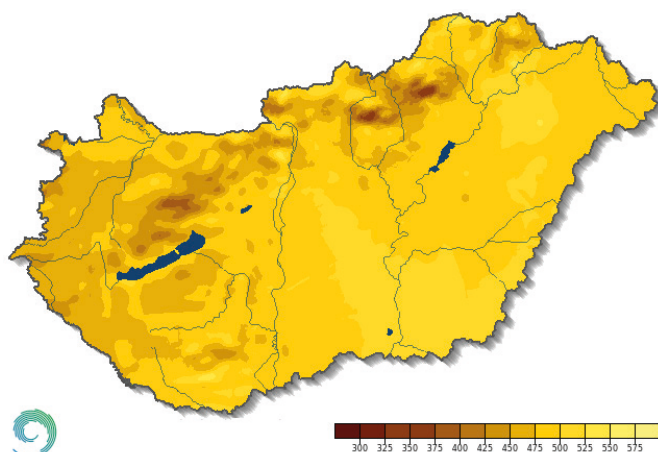
melegebb volt. Öt hónapban 2 °C-ot meghaladó pozitív eltérés rajzolódott ki, a legnagyobb anomália januárban adódott (+2,9 °C). Ezt június és december követte (+2,5 °C), míg márciusban és szeptemberben +2,2 °C-os különbség adódott. A június a 2., a szeptember a 8., míg a március a 10. legmelegebb lett a 125 éves idősorban, a megfelelő hónapok sorában. A 2025-ös nyár pedig a 7. legmelegebbnek bizonyult 1901 óta.

Csapadék

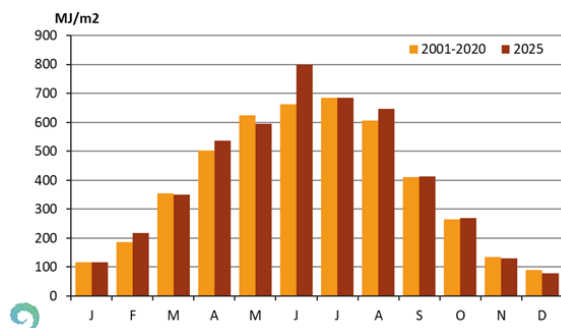
2025-ben a csapadék jól látható csökkenést mutat az Alföld közepe felé haladva (6. ábra). Északon és a Dunántúl nyugati területein a csapadékösszeg 450 mm-t felett alakult, míg az Alföldre 300-450 mm közötti mennyiség érkezett. A legszárazabb a Duna-Tisza közti homokhátság, a Közép-Tisza-vidék déli részei, valamint a Körös–Maros köze voltak, itt helyenként a 300 mm-t sem érte el az éves összeg, és a terület jó részén ez volt a legszárazabb év 1901 óta. A hegyvidékeken és a nyugati területeken az éves csapadék-

összeg általában 550 és 700 mm között volt. A legmagasabb évi összeget (835,0 mm) Sopron Muck-kilátó állomáson mértük, míg a legkisebb éves értéket (260,9 mm) Kondoroson jegyeztük.

2025-ben az országos évi csapadékösszeg 453,3 mm volt, mely az 1991-2020-as sokévi átlag 74%-a, s ezzel a 4. legszárazabb lett 1901 óta. Az év mintegy felében a havi csapadékösszegek legalább 30%-kal elmaradtak az 1991-2020-as normáltól. Szárazan indult az év, januárban a csapadék harmada, míg februárban a fele hiányzott (7. ábra). Ezt követően márciusban az ilyenkor megszokott összegnek a kétszerese hullott, ezzel a 8. legcsapadékosabb március lett az elmúlt 125 évben. Szárazon folytatódott a tavasz, áprilisban és májusban is hiányzott a csapadék körülbelül 30%-a. Ezt követően a XX. század kezdete óta legszárazabb júniusban volt részünk, amikor a normálnak mindössze 18%-a érkezett. Júliusban és augusztusban, noha kisebb mértékű volt a hiány, mégis tovább súlyosbította a már kialakult aszályhelyzetet. Száraz volt az ősz első két hónapja is, ekkor 30-40%-kal kevesebb csapadék



8. ábra. A globálisugárzás éves összege 2025-ben (kJ/cm²).



9. ábra. A globálisugárzás évi menete Magyarországon 2025-ben (homogenizált, interpolált országos átlagok).

hullott. Ezt a hosszú száraz időszakot egy kissé csapadékosabb október követte, negyedével hullott több a szokásos értéknél. A december ismét jóval szárazabbnak bizonyult a vártnál, hiányzott a normál 69%-a, így a 10. legszárazabb december lett 1901 óta.

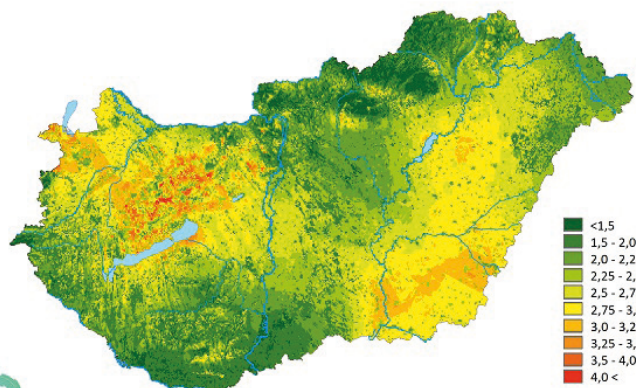
Globálisugárzás

A Napból közvetlenül érkező (direkt) sugárzás és az égboltról érkező szórt (diffúz) sugárzás összegét globálisugárzásnak nevezzük. Területi eloszlása a domborzati adottságok mellett az átlagos felhőborítottsággal van kapcsolatban. A legmagasabb értékeket a derült nyári hónapokban, a sokévi átlag szerint júliusban, míg a legalacsonyabb értékeket a gyakran borult téli időszakban decemberben, januárban várjuk. 2025-ben a globálisugárzás éves összege 4840 MJ/m²-nek adódott, ezzel 70 MJ/m²-rel maradt el a 2024-es értéktől, a 2001-2020 (20 éves) átlagnál pedig 200 MJ/m²-rel érkezett több sugárzás.

Az Alföldön sütött a legtöbbet a nap (>500 kJ/cm²), a hegyvidéki területeken volt kevesebb napsütés, ezek közül is kiemelkedik a Bükk, a Mátra (<375 kJ/cm²) és a Bakony (<400 kJ/cm²). A legmagasabb havi összeget júniusban jegyeztük fel, ekkor 20%-kal haladta meg a globálisugárzás összege a sokéves átlagot (9. ábra). Januárban átlagos értékek adódtak, februárban pedig 15%-kal több volt a besugárzás a megszokottnál. Áprilisban és augusztusban szintén több energia érkezett a Napból, mindkét hónapban 7-7%-kal. Két hónapban jelentkezett számottevő negatív eltérés: májusban 5%-kal, decemberben pedig 12%-kal maradt el a globálisugárzás havi összege a sokéves átlagtól (7. ábra).

Szél

A szélesebbesség évi átlaga hazánk területén többnyire 1,5 és 3,0 m/s között változott, az országos átlag 2001-2020 között 2,6 m/s volt, míg 2025-ben 2,3 m/s-nak adódott. A legmagasabb évi átlagok a Dunántúl északi részén és a Tiszántúlon voltak jellemzőek, ahol nagyobb összefüggő területen a szélesebbesség meghaladta a 3 m/s-ot. A Dunántúli-középhegység magasabban fekvő csúcsai esetén előfordultak 4 m/s-ot meghaladó értékek is. A szélesebbesség átlagos éves menetét jól mutatják a szürke oszlopok a 11 ábrán. Január elejétől márciusig növekszik a 2001-2020-as átlag, majd augusztusig csökken, és újra növekedni kezd egészen az év végéig. 2025-ben a szélesebbeségek országos átlagai csak júliusban (2,42 m/s) és októberben (2,42 m/s) haladták meg a sokévi átlagot, míg

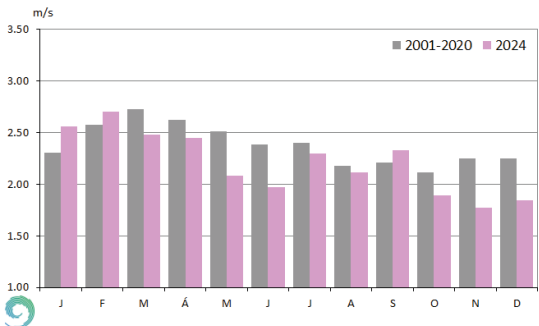


10. ábra. Évi átlagos szélsébség 2025-ben (m/s).

a júniusi érték (2,43 m/s), megegyezett az átlaggal. Az országos szélsébség átlagok öt hónapban jelentősen elmaradtak a megszokottól, az év első felében februárban (1,9 m/s), márciusban (2,54 m/s) és májusban (2,41 m/s) kaptunk a húszéves átlagnál alacsonyabb értékeket. Majd az év utolsó két hónapjában is a megszokottól enyhébb légmozgás volt jellemző: november (2,18 m/s), december (1,97 m/s).

Szélsőségek

Időjárásunk változatosan alakult 2025 nyarán: forró hőhullámokat és hűvös, csapadékos periódusokat egyaránt megtapasztaltunk. Az országos tisztifőorvos három alkalommal rendelt el harmadfokú hőségriasztást: júniusban és júliusban 24–26. között, valamint augusztus 14-től 17-ig. A júniusi hőségriadóhoz kötődik az év legmelegebb napja; 26-án 28,1 °C-os országos középhőmérsékletet rögzítettünk, mely 8,5 fokkal haladta meg az 1991-2020-as normált. Az év legmagasabb mért hőmérsékletét (4. táblázat) pedig a júliusi hőhullám alatt jegyezték fel; 41,3 °C-os mértünk Sarkad Malomfok állomáson július 26-án, mely egyben új országos napi rekord.



11. ábra. A országos átlagos szélsébség havi átlagai 2025-ben.

A szokatlanul enyhe január után egy, az átlagosnál hűvösebb február következett. A február 4-től kezdődő 20 napos időszakban csak 2 napon emelkedett a sokéves érték fölé a középhőmérséklet: 6-án és 14-én. Február 14-től hideg, sarkvidéki levegő beáramlása kezdődött térségünkbe, mely száraz volt, így a csapadéktevékenység megszűnt. Az északról folyamatosan beáramló hideg levegő miatt a középhőmérséklet csökkent, főként az éjszakai lehűlés volt erőteljes: nagy területen -10 °C alatt maradtak a minimumok.

A szokatlanul enyhe január után egy, az átlagosnál hűvösebb február következett. A február 4-től kezdődő 20 napos időszakban csak 2 napon emelkedett a sokéves érték fölé a középhőmérséklet: 6-án és 14-én. Február 14-től hideg, sarkvidéki levegő beáramlása kezdődött térségünkbe, mely száraz volt, így a csapadéktevékenység megszűnt. Az északról folyamatosan beáramló hideg levegő miatt a középhőmérséklet csökkent, főként az éjszakai lehűlés volt erőteljes: nagy területen -10 °C alatt maradtak a minimumok.

Elem	Érték	Mérés helye	Mérés ideje
Legmagasabb mért hőmérséklet	41,3 °C	Sarkad Malomfok	2025.07.26
Legalacsonyabb mért hőmérséklet	-15,6 °C	Zabar	2025.02.19
Legmagasabb minimumhőmérséklet	25,5 °C	Budapest János-hegy	2025.08.10
Legnagyobb évi csapadékösszeg	835,0 mm	Sopron Muck-kilátó	
Legkisebb évi csapadékösszeg	260,9 mm	Kondoros	
Legnagyobb 24 órás csapadékösszeg	184,0 mm	Csököly	2025.07.27
Legvastagabb hótakaró	27 cm	Isztimér Hétházpuszta	2025.11.23
Maximális szélhőkés	38,1 m/s	Budapest János-hegy	2025.07.07

4. táblázat. Az HungaroMet mérései szerint a 2025-ös év szélsőségei, a mérés helye és ideje.

Ebben a periódusban volt az év leghidegebb napja: 19-én. Ekkor országos átlagban $-3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot mértünk, mely $5,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal marad el az 1991–2020-as normáltól. Ugyanezen a napon Zabarban mértük az év legalacsonyabb hőmérsékletét $-15,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot (IV. táblázat).

Augusztus elején a Kárpát-medence időjárását egy magassági teknő és az annak előoldalán kialakuló hullámzó frontálzóna alakította. Ennek hatására nagy területen fordultak elő záporok és zivatarok, amelyek helyenként erősen viharos széllel, intenzív csapadékkal – például Csurgón 52 mm -rel – valamint néhol apró szemű jéggel jártak. A front átvonulását követően anticiklonális hatások váltak meghatározóvá, így többnyire nyugodt, napos idő jellemezte a térséget, miközben a napi középhőmérsékletek fokozatosan a sokéves átlag fölé emelkedtek. Augusztus 10-én az esti és éjszakai órákban egy gyenge hidegfront érkezett, amelynek felhőzete a Dunántúlon és a Dél-Alföldön mérsékelte az éjszakai kisugárzást. Ennek következtében augusztus 10-én Budapest János-hegy állomáson alakult ki 2025 legmagasabb minimumhőmérséklete, $25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (4. táblázat).

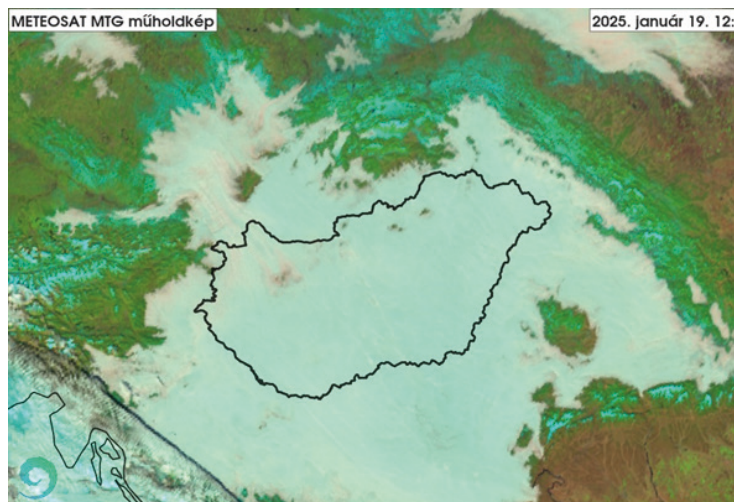
Július 27-től egy ciklon mélyült ki térségünkben, amelyhez spirálisan elhelyezkedő felhőkarok kapcsolódtak. Ennek hatására sokfelé erősen felhős, borult volt az ég, és több helyen fordult elő eső, zápor, zivatar – utóbbiakat helyenként felhőszakadás kísérte. A Somogy vármegyei Csökölyön is nagy mennyiség zúdult le, 184 mm -t regisztráltunk, ez az év legnagyobb 24 órás csapadékösszege (4. táblázat).

Hó szempontjából is érdekesen, de az előző 2024-es évhez hasonlóan alakult 2025. Ismét novemberben alakult ki a legvastagabb hótakaró, az Isztimér Hét-házpuszta állomáson 27 cm -t mértünk (4. táblázat). A havazás esetén azt várnánk, hogy a legvastagabb hótakaró valamelyik téli hónapban adódik, azonban elmondható, hogy az elmúlt két évtizedben nem volt ritka, hogy márciusi vagy áprilisi lett a legnagyobb érték.

A maximális szélőkést, $38,1\text{ m/s}$ -ot júliusban mérték a műszereink Budapest János-hegyen (4. táblázat), ami a Gabriel ciklon érkezéséhez kötődik.

Érdekességek

A 2024/25-ös tél rendkívül enyhén alakult: a decemberi $+1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os pozitív anomália is hozzájárult ahhoz, hogy a tél a 24. legmelegebb legyen 1901 óta. A tél meghatározó hónapja a január volt, amikor a hőmérséklet $2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal meghaladta az 1991–2020-as átlagot. Január 5–10. között a napi középhőmérséklet $6\text{--}8$ fokkal volt magasabb a normálnál.



I. kép. Meteosat műholdkép, Hungaromet.

Január második felében hidegpárnás helyzet alakult ki, mely során a hőmérséklet a legmelegebb órákban is alig emelkedett fagypont fölé. Január 19-én síkvidéken a maximumok $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül alakultak, míg a felhőzet fölé emelkedő Kékesen $8,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt (I. kép).

Január 21-én magassági hidegörvény okozott ónos csapadékot, emiatt több térségben narancssárga riasztás lépett életbe. Január 22. és február 4. között újabb rendkívül enyhe időszak következett, január 28-án pedig az országos átlaghőmérséklet több mint 10 fokkal haladta meg a normált, és megdőlt a napi melegrekord.

Február első napjai még viszonylag enyhék voltak, azonban 17–23. között $2\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal az átlag alatti hőmérsékletű időszak következett. Ennek hatására a hónap összességében negatív hőmérsékleti anomáliával zárt. 2018 óta először fordult elő, hogy februárban országos szinten negatív anomália jelentkezett. A 2024-es rendkívül enyhe, 1901 óta legmelegebb februárt követően idén ismét érezhető volt, hogy a február a tél része.

A március a mérések kezdete óta a 8. legcsapadékosabb és a 10. legmelegebb lett. Március 12-én Vámosgyöröknél kialakult az év első szupercellája, majd március 14-én egy hullámzó frontálzóna és egy sarkvidéki eredetű ciklon érkezett erős széllel, a Soproni-hegység magasabb részein havazással. Március 19-re a légtömegek nyugalomba kerültek, a minimumok -4 és $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ közé süllyedtek, és az éjszakai fagyok napokig kitartottak.

Április 5-én újabb hidegfront érkezett, amely erős, helyenként viharos szélökéseket okozott. Másnap a Tisza vonalában záporok és hózáporok alakultak ki, a hajnali órákban pedig az ország nagy részén $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ vagy annál alacsonyabb értékeket mértek, ami jelentős

fagykárokat okozott a gyümölcsösökben. A hónap további részében többnyire pozitív anomália volt jellemző. Április 17-én a napi középhőmérséklet 8 fokkal haladta meg a normált, Mezőkovácsházán 30,6 °C-ot mértek, ami új országos napi melegrekord.

A május hűvösebb volt a szokásosnál: a havi középhőmérséklet 2 °C-kal maradt el az átlagtól. Május 3-án még 20,5 °C-os országos középhőmérsékletet mértek, ami több mint 5 fokkal haladta meg a sokéves átlagot, és szokatlan módon ez lett a hónap legmelegebb napja. Május 4-én hidegfront érkezett, amely fokozatosan kiszorította a meleg levegőt, és 5-től a hónap nagy részében az átlag alatt maradt a hőmérséklet. Májusban mindössze 6 napon volt átlag felett a napi középhőmérséklet.

A 2025-ös nyár változatosan alakult: forró hőhullámok és hűvös, csapadékos periódusok váltották egymást. Korábban már említettük, hogy három alkalommal volt életben harmadfokú hőségriasztás, emellett azonban több hidegfront is érkezett a nyár során, amelyek közül kettő jelentős lehűlést hozott. Az egyik július 6–12. között, ekkor a leghűvösebb napon az országos középhőmérséklet 16 °C-ig csökkent, a másik augusztus közepén érkezett, melynek hatására augusztus 24-én több mint 5 fokkal maradt el a sokévi átlagtól az országos középhőmérséklet, mindössze 15,4 °C volt.

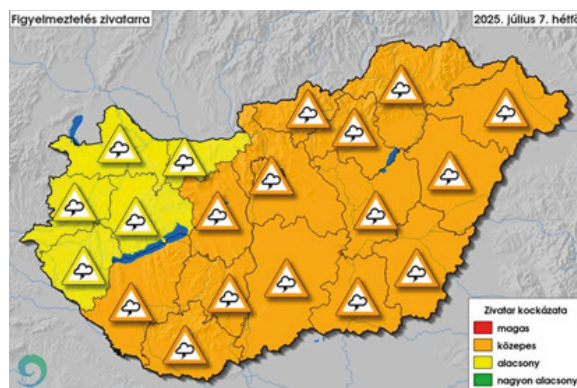
Július 7-én erős hidegfront érte el hazánkat, amely jelentős károkat okozott. A kiterjedt zivatarrendszer miatt narancssárga riasztás lépett életbe (2-4. kép). A Balaton keleti medencéjében orkánerejű szellőkék rongáltak meg a Kékszalag versenyre készülő hajók közül mintegy harmincat. A főváros és a Balaton térségében akadozott a vasúti közlekedés, a Ferihegyi repülőtér pedig átmenetileg le kellett zárni. Szeged környékén háztetők rongálódtak meg, Debrecenben áramkimadások voltak. Másnap a Gabriel nevű mediterrán ciklon hozott kiadós csapadékot, a Tiszántúlon szupercellás zivatar is kialakult (5- 6. kép).

Augusztus 17-től jelentős lehűlés kezdődött. Az első szakaszban főként az északi országrészben, illetve a Duna vonalától keletre alakultak ki nagyobb csapadékkal járó záporok és zivatarok. Az átmeneti csapadékszünetet követően augusztus 20-22. között a Lukás névre keresztelt mediterrán ciklon határozta meg térségünk időjárását. Többfelé fordult elő eső, zápor, helyenként zivatar, néhol jelentős mennyiségű csapadékkal. A ciklon mögött számottevő lehűlés következett be.

A június rendkívül száraz volt, az Alföldön súlyos aszály alakult ki. Július második felére az északnyugati és északkeleti tájakra érkező csapadék mérsékelte a szárazságot, de az Alföldön az aszály tartós



2 -3. kép. Budakeszi 2025. július 7., Csosz László.



4. kép. Riasztás zivatarra, HungaroMet Veszélyjelzők.

maradt, és a nyár végére elérte a legsúlyosabb kategóriát. A nyár országos viszonylatban a 7. legmelegebb és a 10. legszárazabb volt.

A forró, száraz idő szeptember elején is folytatódott, a hőmérséklet 3–6 fokkal haladta meg az átlagot. Szeptember 5-én Körösladányban és Körösszakálnál 35,1 °C-ot mértek, ami új országos napi melegrekord. Másnap az Északi-középhegységben felhőszakadások



5. kép. Debrecen 2025. július 8., Jenei Zsolt.



6. kép. Debrecen 2025. július 8., Király Ernő.

alakultak ki; Miskolc-Berekalján 60,3 mm csapadék hullott, ami a szeptemberi 24 órás csapadékösszegek 5. legnagyobb értéke. A hónap második felében frontál-zóna, majd mediterrán ciklon alakította időjárásunkat, a hőmérséklet fokozatosan az átlag alá süllyedt. Szeptember 30-án az országos napi középhőmérséklet 10 °C alatt volt, az Északi-középhegység fagyzos részsein pedig megjelentek az első őszi fagyok.

Október végén már kisebb valószínűséggel alakulnak ki záporok, zivatarok. Október 25-én mégis több tényező – instabilitás, nedvesség és egy jet streak – együtt vezetett ahhoz, hogy zivatarok alakuljanak ki a Székesfehérvár–Debrecen tengely mentén és a Viharsarokban (7. kép).



7. kép. 2025. október 25., Szigetszentmárton, Céczi Roland.

November közepén ritka légköri helyzet alakult ki: a mediterrán térségből érkező nedvesség, a közép-troposzférába betörő hideg levegő és a jet stream okozta erős szélnyírás együtt láncba rendeződő zivatarokat eredményezett. A rendszer 90–100 km/h-val haladt kelet felé, több helyen 90 km/h feletti széllelkésekkel, amelyek háztetőket rongáltak, fákat döntöttek ki és vezetékeket szakítottak le. Érdekesség, hogy egy évvel korábban is november 21-én érkezett meg az első komolyabb havazás; idén főként a hegyvidéki területeken alakult ki összefüggő hótakaró. A legvastagabb hótakarót Kékestetőn mérték: 23 cm.

December nagy részében a napi középhőmérséklet az átlag felett alakult, csak az utolsó napok hoztak lehűlést. A hónapot tartós hidegpárna, borult és ködös idő jellemezte. Karácsony környékén ciklonok és hidegfrontok érkeztek, esőt, havas esőt, havazást és erős szelet okozva. Az év utolsó napján az Észak-Dunántúlon havazás alakult ki, a Bakonyban 10 cm-es hótakaróval.

Hírek

Érdekességek a meteorológia világából, jeles napok, megemlékezések belföldről és külföldről

A XI. PREGA Konferencián és Kiállításon jártunk



2026.02.10-11. ■

Magyarország vezető szakmai fóruma a precíziós gazdálkodás és az agrárdigitalizáció

területén – idén a „Konkrét megoldások az agrárium versenyképességének megőrzésére” jelmonddal került megrendezésre. A kétnapos, Kecskeméten tartott eseményen közel 700 látogató vett részt, akik négy szekcióban összesen 110 előadást és kerekasztal-beszélgetést hallgathattak meg.

Az előadások mellett fontos szerepet kapott a kiállítói tér is, ahol mintegy 30 hazai és nemzetközi digitális fejlesztő vállalkozás mutatkozott be. A standoknál a növénytermesztés, az állattenyésztés és az élelmiszeripar területéről érkező innovációkat és gyakorlati megoldásokat lehetett megtekinteni.

A 2026-os PREGA Konferencia kiemelt témája volt az aszály elleni küzdelem, és az időjárási szélsőségekhez való alkalmazkodás. A rendezvényen – mind a konferencia-

előadásokon, mind a kiállítói térben – hangsúlyos szerepet kapott a mesterséges intelligencia, különösen az AI agráriumban való alkalmazásának lehetősége.

A HungaroMet Nonprofit Zrt. a kiállítói térben az alábbi témákkal várta a résztvevőket:

- Ingyenes és piaci szolgáltatások bemutatása, amelyek minden gazdálkodó számára elérhetők, és folyamatosan bővülnek innovatív megoldásokkal.
- Figyelemfelhívás a DIMOP_PLUSZ-2.3.1-23-2023-00001 projekt keretében hamarosan kihelyezésre kerülő 1500 db PWS (Personal Weather Station) meteorológiai állomásra.
- Pontos és hiteles mérési adatok biztosítása, amelyekre a gazdálkodók nap mint nap támaszkodhatnak.
- Személyre szabott megoldások kínálata az agrárium szereplőinek, az egyedi igények figyelembevételével.

Elindult a PWS regisztráció, csatlakozz a HungaroMet országos önkéntes meteorológiai hálózatához!

2026.03.23. ■ A PWS-ek (Personal Weather Station) regisztrációja a Meteorológiai Világnaphoz kapcsolódva, március 23-án indult el. A program célja egy közösségi alapú mérőhálózat létrehozása, amelyben magánszemélyek, oktatási intézmények, önkormányzatok és civil szervezetek is részt vehetnek saját mérési helyszíneik bevonásával.

A kezdeményezés a DIMOP Plusz program keretében megvalósuló DIMOP_PLUSZ-2.3.1-23-2023-00001 számú Telepített adatgyűjtő rendszereket alkalmazó környezeti monitoring rendszer, valamint klímavédelmi adattár és ráépülő szolgáltatási környezet kialakítása című projekt részeként valósul meg. A projekt egyik fontos célja, hogy a meteorológiai megfigyelések térbeli lefedettsége növekedjen, és minél több helyről álljanak rendelkezésre megbízható környezeti adatok.

A PWS, vagyis Personal Weather Station egy kisméretű automata meteorológiai állomás, amely folyamatosan méri a helyi időjárási paramétereket. A berendezés rögzíti a levegő hőmérsékletét, a páratartalmat, a légnyomást, a szél irányát és sebességét, valamint a csapadék mennyiségét. A mért adatok valós időben kerülnek a HungaroMet központi rendszerébe, ahol hozzájárulnak a meteorológiai adatbázisok bővítéséhez és a lokális időjárási jelenségek jobb megértéséhez.

A program lehetőséget ad arra, hogy a résztvevők aktívan hozzájáruljanak Magyarország meteorológiai adatgyűjtéséhez és a tudományos kutatásokhoz. A hálózatba kapcsolódó mérési pontok segítenek sűríteni az országos megfigyelőhálózatot, ami különösen fontos a helyi időjárási jelenségek vizsgálatában és az éghajlati folyamatok hosszú távú nyomon követésében.

A csatlakozó résztvevők hozzáférést kapnak saját mérési adataikhoz, valamint a projekt keretében gyűjtött országos adatokhoz is, így részesei lehetnek egy országos jelentőségű közösségi mérési rendszernek. A felhívásra magánszemélyek, oktatási intézmények, civil szervezetek, önkormányzatok és gazdasági társaságok is jelentkezhetnek. A cél olyan helyszínek bevonása, amelyek alkalmasak egy automata meteorológiai állomás hosszú távú működtetésére, és hozzájárulnak a mérőhálózat térbeli sűrítéséhez.

A projekt keretében összesen 1500 darab PWS állomás kerül majd kihelyezésre Magyarország különböző pontjain. A kiválasztott helyszínek egy új, sűrűbb mérőhálózatot alkotnak majd, amely jelentősen bővíti a hazai meteorológiai megfigyelések térbeli lefedettségét. A jelentkezés online történt, ahol a pályázók megadhatták a tervezett mérési helyszín adatait és a szükséges információkat. A projekt az Európai Unió támogatásával, a magyar állam társfinanszírozásával valósult meg.

Két nemzetközi szakmai workshopnak is Budapest adott otthont márciusban



2026.03.03-05. ■

Március első napjaiban, a HungaroMet Nonprofit Zrt. rendezte meg Budapesten a 2026. évi FAIRMODE Plenáris Ülést, valamint a Copernicus Atmosphere Monitoring Service, CAMS 9th Policy User Workshop rendezvényt is.

A két nemzetközi szakmai esemény egymást követően, összehangolt programmal zajlott.

A FAIRMODE, Forum for Air Quality Modelling in

Europe plenáris ülésének fókuszában a levegőminőségi modellezés módszertani kérdései, az értékelési és validációs eljárások, valamint az európai szabályozási környezet szakmai támogatása állt. Az ezt követő CAMS Policy User Workshop célja az volt, hogy a légköri összetételre és levegőminőségre vonatkozó szolgáltatások szakpolitikai hasznosítását, gyakorlati alkalmazását és továbbfejlesztési lehetőségeit vitassák meg a döntéshozók és felhasználók.

A CAMS szolgáltatást az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF) működteti az Európai Unió Copernicus programja keretében. A budapesti rendezvényesorozat lehetőséget biztosított arra, hogy a modellezési közösség és a szolgáltatásfejlesztésben érintett szakértők közvetlen párbeszédet folytassanak a levegőminőségi döntéstámogatás aktuális kérdéseiről.

Indul a tavi viharjelzési szezon a Balatonon, a Velencei- és a Tisza-tavon



2026.04.01. ■ 2026. április 1-jén kezdetét veszi a tavi viharjelzési szezon, amely október 31-ig tart. A tavi viharjelzések a HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. Siófoki Viharjelző Observatóriumában készülnek. A Balatonnál az idei már a 92. viharjelzési szezon lesz. A balatonhoz hasonlóan viharjelző rendszer működik a Velencei-, a Tisza- és a Fertő-tónál is, ez utóbbi kiszolgálását azonban az osztrák meteorológiai szolgálat látja el. Az érintett tavaknál a katasztrófavédelem által üzemeltetett viharjelző lámpák mutatják az érvényes jelzési fokozatot.

Hírek

Érdekességek a meteorológia világából, jeles napok, megemlékezések belföldről és külföldről

Március 23-án, a meteorológia világnapján adták át a meteorológia legnagyobb elismeréseit

2026.03.23. ■ Az idén 76 éves Meteorológiai Világszervezet (WMO) és a nemzetközi meteorológus közösség minden évben megünnepli a WMO Egyezmény 1950. március 23-i hatályba lépésének évfordulóját. A 2026-os világnap mottója – a Meteorológiai Világszervezet ajánlásával – az „Observing Today, Protecting Tomorrow”, vagyis: „A jelen megfigyelései a holnap biztonsága szolgálatában”. 2026. március 23-án, a HungaroMet Nonprofit Zrt. dísztermében került sor a világnapi ünnepségre, ahol dr. Raisz Anikó környezetügyért felelős államtitkár asszony köszöntötte a vendégeket, majd Szanka Gábor Gyula, a HungaroMet Nonprofit Zrt. vezérigazgatója megnyitotta a rendezvényt.

A WMO világnapi kisfilm levetítése után Sándor Barbara, a HungaroMet megbízott stratégiai igazgatója, valamint Simon Gergő, az Előrejelzési Szolgálató Osztály vezetője tartottak előadást „Megfigyelésekből épül a jövő: Magyarország megújuló mérőhálózata” címmel. Előadásuk szorosan kapcsolódott az idei világnap témájához. A mérőhálózat bővítését célzó projekt bemutatása mellett kiemelték, hogy a HungaroMet legnagyobb, DIMOP_PLUSZ-2.3.1-23-2023-00001 azonosítószámú fejlesztése – „Telepített adatgyűjtő rendszereket alkalmazó környezeti monitoring rendszer, valamint klímavédelmi adattár és ráépülő szolgáltatási környezet kialakítása” – már a megvalósítás szakaszába lépett. A projekt előrehaladtával sor kerül a HungaroMet mérőhálózatának átfogó fejlesztésére is, melynek köszönhetően még részletesebb képet kaphatunk a hazai éghajlati változásokról. A fejlesztés részeként egy új, mindenki számára elérhető meteorológiai-klimatológiai webportál is készül. A megújuló mérőhálózat eredményeként 2027 nyarára megduplázódik a hivatalos meteorológiai mérőállomások száma. Ebben kiemelt szerepet játszik a referenciaállomások bővítése és korszerűsítése, amely pontosabb, megbízhatóbb mérésekkel járul hozzá a klímaváltozás hatásainak nyomon követéséhez és a felkészülés támogatásához. A fejlesztés részeként 1500 Personal Weather Station (PWS) automata mérőállomás kihelyezése is megkezdődik, amely

a közösségi adatgyűjtés új korszakát nyitja meg. A hálózat így számos új mérési ponttal gazdagodik, és a lakosság aktív részesévé válik a meteorológiai megfigyeléseknek. Az előadás végén ünnepélyesen bejelentették, hogy március 23-án hivatalosan is elindult a pályázati regisztráció a HungaroMet országos, önkéntes meteorológiai hálózatához a közzétett pushalozat.met.hu regisztrációs felületen.

A hagyományokhoz híven idén is sor került a díjak átadására. Dr. Raisz Anikó államtitkár asszony és Szanka Gábor Gyula vezérigazgató úr méltatások kíséretében adták át a Schenzl Guidó díjakat, a Pro Meteorologia emléklapetteket, valamint a Miniszteri Elismerő Okleveleket az arra érdemes kollégáknak. Idén immár 9. alkalommal az „Innováció a Meteorológiáért Díjat”, és 13. alkalommal az „Év MET-ÉSZ észlelője” címet is átadták. Köszöntöttük a kiváló társadalmi észlelőinket is, akik a háttérben, évtizedek óta nagy-nagy kitartással és szorgalommal vesznek részt a megfigyelőmunkában. A rendezvényen a Honvédelmi Minisztérium, az Energiaügyi Minisztérium és a HungaroMet Nonprofit Zrt. együttműködési megállapodásának aláírására is került, ünnepélyes körülmények között.

Schenzl Guidó-díj

Nyitrai László meteorológus az időjárás megfigyelése területén végzett több mint négy évtizedes lelkiismeretes és áldozatos munkájáért részesült ebben az elismerésben. A budapesti autoszondázó rendszer működtetésében – a 2020-as telepítés óta – nélkülözhetetlen feladatokat látott el. Munkájának egyik kiemelkedő eredménye, hogy megvalósult a rádiószondás felszállási napló készítésének teljes automatizálása.

T. Puskás Márta meteorológus az elismerést a HungaroMet szakkönyvtárának magas színvonalú működtetéséért és fejlesztéséért, valamint a szakmai kiadványok szerkesztésében és megjelenítésében nyújtott kiemelkedő munkájáért kapta. Emellett önzetlenül segített a tudományos cikkek irodalomkutatásában, és lelkiismeretesen gondozta a meteorológiai történeti emlékeket.

Pro Meteorologia Emlékplakett

Mandl Éva meteorológus a díjat a meteorológiai adatszolgáltatás területén nyújtott kiemelkedő tevékenységéért kapta. Munkáját pontosan, lelkiismeretesen és rendkívüli odafigyeléssel végzi. Ez a hozzáállás nemcsak a napi operatív feladatok ellátásában nélkülözhetetlen, hanem hosszú távon is hozzájárul a szakmai színvonal fenntartásához. Példaértékű körültekintéssel tájékoztatja az érdeklődőket. Munkatársai körében nagy megbecsülésnek örvend, hozzáállása pedig inspiráló a csapat számára.

Pátkai Zsolt meteorológusnak a díjat a digitális meteorológiai szótár megalkotásában végzett előkészítő és koordinációs tevékenységéért ítelték oda. Példaértékű munkájával maradandó értéket teremt, nemcsak a meteorológus szakmai közösség, hanem a társudományok művelői számára is.

Steierlein Ákos meteorológus tiszt a Magyar Honvédség meteorológiai támogatása érdekében az operatív előrejelzésben, a pilóta- és légirányító-hallgatók oktatásában, valamint a meteorológiai támogató rendszer fejlesztésében végzett munkáját példaértékűen és precízen látja el. Magas szintű szakmai igényessége és emberi kvalitásai a katonameteorológia elismertségének erősítéséhez is hozzájárultak.

Dr. Wantuch Ferenc meteorológus több évtizedes meteorológusi pályafutása során meghatározó eredményeket ért el a meteorológia számos területén. Hozzájárult a nemzeti villámlokalizációs rendszer fejlesztéséhez és alkalmazásához, tudását pedig oktatói tevékenységével és egy repülésmeteorológiai szakkönyv társszerzőjeként is továbbadta. Hatósági feladatai révén – a légiközlekedés biztonságát szolgálva – sokoldalú munkásságával támogatja a szakterületet.

Miniszeri Elismerő Oklevél

Feilné Rácz Ilona szuperészlelő az elmúlt 20 évben az Országos Meteorológiai Szolgálat, majd a HungaroMet Nonprofit Zrt. Paksi Főállomásán végzett elhivatott szakmai és vezetői munkája elismeréseként, valamint a MVM Paksi Atomerőmű Zrt. részére végzett magas színvonalú szolgáltatási tevékenységéért kapta a díjat.

Lancz Dávid meteorológus pályáját az Országos Meteorológiai Szolgálatnál kezdte, az AROME modell fizikai parametrizációinak fejlesztésében, különös tekintettel a sekély konvekciós és mikrofizikai folyamatokra. Nemzetközi fejlesztésekben is aktív szerepet vállalt.

Az elmúlt években az AROME modell operatív futtatását, a felügyeleti rendszerek fejlesztését, valamint új modellverziók és adatasszimilációs eljárások bevezetését biztosította. Munkája meghatározó módon járul hozzá a HungaroMet numerikus előrejelzési rendszerének stabilitásához és szakmai színvonalához.

Nagyné Kovács Eleonóra meteorológus a Mérés-hálózat Üzemeltetési Osztályon a teljes meteorológiai műszerpark és a meteorológiai metaadatbázis naprakész nyilvántartását végzi, példaértékű alapos-sággal. Emellett minőségbiztosítási belső auditorként feladatait rendkívüli elkötelezettséggel látja el, munkáját immár 40 éve precízen és lelkiismeretesen végzi.

Simon Gergő meteorológus meghatározó szerepet játszott a HungaroMet közösségimédia-kommunikációjának megújításában és szakmai megerősítésében, ami jelentősen növelte a szervezet ismertségét és hitelességét. Közreműködése maradandó értéket teremtett a szervezet szolgáltatásfejlesztési és lakossági kommunikációs tevékenységében.

Tóth Tamás meteorológus az elismerést példaértékű szakmai elhivatottságáért ítelték oda, amellyel erősíti a közbizalmat a meteorológiai szolgáltatások iránt. Pályafutása során igényes, pontos és közérthető tájékoztatásával a meteorológiai előrejelzések hitelességét is növelte a széles közvélemény körében. Kiemelkedő szervező munkát végzett a szuperészlelői hálózatban és a MET-ÉSZ rendszer működtetésében. Kiváló kommunikációs készségét a Meteorológiai Társaság programjain moderátorként is kamatoztatta.

Innováció a meteorológiáért díj

Vértesi-Nagy Anita meteorológus a levegőminőség-modellezéssel kapcsolatos munkája során kulcsfontosságú szerepet játszott a CHIMERE kémiai transzportmodell határfeltételeinek kezelésében, különösen azok optimalizálásában. Emellett jelentősen hozzájárult a CAMS modellek eredményeire épülő multimodell-ensemble produktum megvalósításához is, amely a legszennyezettseg.met.hu weboldal egyik meghatározó eleme.

Év MET-ÉSZ észlelője - 2026 cím

Áldozó Istvánnak családtagjai adták az indítást, aki már tizenkét éves korától rendszeresen feljegyezte szülőfalujában az időjárási eseményeket.

Hírek

Érdekességek a meteorológia világából, jeles napok, megemlékezések belföldről és külföldről

A középiskolában folytatta az észleléseket az OMSZ részére is - Illés László egykori előrejelző munkatársunk irányítása mellett. István kitartóan végzi - főállású munkája mellett - a MET-ÉSZ és METADAT adatküldést, az esztendő 365 napján számíthatunk jelentéseire. A kezdetek óta 5173 MET-ÉSZ észlelést adott le, amiket munkánk során felhasználunk. Együttel ő az egyik legmegbízhatóbb társadalmi csapadékmérőnk is.

Kitüntetett társadalmi csapadékmérők, észlelők

Gráczol Imre apósával és anyósával együtt immár 70 éve végzi lelkesen, kitartóan a mérést, ugyanazon a helyszínen, Lövön.

Vekardi Tibornak és családjának Társaságunk köszönetét fejezi ki a Sárbogárd Nagyhörccsőkpusztán 55 éve végzett magas színvonalú csapadékmérési munkáért.

Fillinger Lajosné Németh Gyöngyvérnek és férjének Társaságunk köszönetét fejezi ki a Csepregen több évtizede végzett példaértékű munkájáért.

Bitter Edinának és családjának Társaságunk köszönetét fejezi ki a Budapest Kőbánya Vízmű területén 45 év óta végzett precíz, elkötelezett munkájáért.

Fuszko Józsefnének Társaságunk köszönetét fejezi ki a Bódvaszilason 41 év óta végzett megbízható észlelésért, és a naponta küldött adatokért.



Klímatudatosságra nevelt a HungaroMet a Fenntarthatósági Témahétén

2026.04.20-24. ■ A HungaroMet Nonprofit Zrt. idén is csatlakozott a Fenntarthatósági Témahéthez. Az országos szemléletformáló programsorozatot minden évben tavasszal rendezik meg azzal a céllal, hogy a diákok játékos, élményszerű módon ismerkedjenek meg a környezettudatosság alapjaival és a fenntartható jövő kihívásaival. Az idei, 2026. április 20-24. között zajló rendezvények középpontjában a környezeti, társadalmi és gazdasági fenntarthatóság kérdéseiből az erdő, mint ökoszisztéma, a mozgás és egészség, a fenntartható közlekedés, a tudatos vásárlás (ökocímkék) és a hulladék állt.

A témahét évek óta lehetőséget teremt arra, hogy az iskolák és intézmények aktívan bekapcsolódjanak a fenntarthatóságra nevelésbe, és a fiatalok saját tapasztalatokon keresztül fedezzék fel, milyen szerepük van a környezet megővésében.

Április 22-én a HungaroMet Kitaibel Pál utcai főépületébe több általános és középiskolai osztály látogatott el, akik meghallgattak egy előadást és bejárhatták a házat. A „Megújuló energiák és meteorológia a fenntartható jövőért” című rendhagyó óra egy napjainkban is lépten-nyomon előkerülő témára fókuszált és minden korosztály számára érdekes volt. Az előadás keretében – a meteorológia alapjainak bevezetése után – szó esett a globális felmelegedés okairól és következményeiről, többek között az éghajlatváltozásról.

A diákok megnézhatték a Meteorológiai Múzeum „kincseit”, illetve a HungaroMet stúdióját, ami mindig nagyon népszerű a fiatalabbak és idősebbek körében is. Az előrejelző kollégák elmondták, hogyan készül a napi időjárásjelentés, majd a gyerekek kipróbálhatták magukat „időjósként” a zöld vászon előtt.

Másnap, április 23-án több mint 200 diák látogatta meg a HungaroMet Marczell György Főobszervatóriumát, ahol számos „állomáson” tesztelheték tudásukat, illetve szerezhettek újabb ismereteket a környezetvédelem és fenntarthatóság kapcsán.

Az Ökocímke standjánál a diákok megtudhatták, hogyan ismerhetők fel a környezetbarát termékek a boltban, mire érdemes figyelni vásárláskor és miért fontos a zöldebb döntések meghozatala. A zajvédelmi standnál bővíthették ismeretüket a zajszennyezés hatásairól, valamint betekintést nyerhettek a minden-

napi zaj elleni védekezés lehetőségeibe. A komposztálással foglalkozó állomáson a gyerekek gyakorlati példákon keresztül tanulhatták meg, hogyan csökkenthető a hulladék mennyisége és miként hasznosíthatók a szerves anyagok. A HungAIRy standjánál a levegőtisztaság-védelemről hallhattak a fiatalabbak és idősebbek. Voltak kvízek, szökeresők, fejtörők, kirakók és színezők, illetve egy Energiahatékonysági Ház, amely szemlélteti, hogy a saját otthonunkban mit tehetünk az energiatakarékosság és spórolás jegyében.

A csoportok végigsétáltak a Marczell György Főobszervatórium Ambrózy Pál Meteorológiai Tanösvényén, illetve megismerkedhettek az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat keretén belül működő mobil mérőbuszokkal – sőt, ezeket belülről is megnézhatték.

Idézet egy köszönőlevélből, amely a rendezvény után érkezett a BKSZC Pogány Frigyes Technikum egyik oktatójától: *„Mindig öröm látni, amikor a jövő generációja ekkora érdeklődéssel és nyitottsággal fordul a meteorológia és a környezetvédelem iránt.”* A HungaroMet a 2027-es Fenntarthatósági Témahétén is nyitott kapukkal várja majd a diákokat!



Hírek

Érdekességek a meteorológia világából, jeles napok, megemlékezések belföldről és külföldről

Mészáros Ernőre, az OMSz Központi Léggörfizikai Intézetének nyugalmazott igazgatójára emlékezünk



Mészáros Ernő 1935. április 12-én született Budapesten. 1953-ban a József Attila Gimnáziumban érettségizett, majd 1957-ben az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán szerzett meteorológus diplomát. 1961-ben védte meg egyetemi doktori értekezését.

Diplomájának megszerzése után 1992-ig különböző beosztásokban az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársa volt. 1971-től a Szolgálat Központi Léggörfizikai Intézetének igazgatóhelyetteseként, 1976 és 1990 között igazgatójaként dolgozott. 1990 és 1992 között tudományos tanácsadó, majd 1992-től 2005-ös nyugdíjazásáig, a Veszprémi (jelenleg Pannon) Egyetem egyetemi tanára volt. Közben az MTA-VE Levegőkémiai Kutatócsoportjának vezetője. 2005-ben emeritálták. 2004–2005-ben Szilárd Leó professzori ösztöndíjjal kutatót.

Kandidátusi értekezését 1966-ban, akadémiai doktori értekezését 1970-ben védte meg. 1972-től az MTA Meteorológiai Bizottságának tagja, amelynek több éven át elnöke volt. 1985-ben a Magyar Tudományos Akadémia levelező, 1990-ben rendes tagjává választották. 1992 és 1999 között a Földtudományok Osztálya, 2002 és 2008 között a Veszprémi Akadémiai Bizottság (VEAB) elnöke volt, előbbi tisztségében az MTA elnökségében is részt vett. 1994 és 2000 között a Magyar Akkreditációs Bizottság plénumában vett részt, illetve a Föld- és Környezettudományi Szakbizottságát vezette.

1976-tól 1994-ig a Meteorológiai Világszervezet környezeti konzultánsa, a légszennyeződés-mérési nemzetközi iskola vezetője. Több éven át neves nemzetközi folyóiratok (Időjárás, Tellus, Atmospheric Environment, Journal of Atmospheric Chemistry, Atmosphérique Pollution) szerkesztőbizottságának tagja. Az Academia Europaea tagja, a Nyugat-bretagne-i Egyetem diszdoktora.

Kutatási területei a levegőkémia, különös tekintettel a léggör aeroszol részecskék kémiai tulajdonságaira és környezeti hatásaira.

Különböző léggör nyomanyagok magyarországi, európai, valamint globális körforgalmát tanulmányozta. Ezen belül kiemelten foglalkozott a kénvegyületekkel és az aeroszol részecskékkel. Utóbbi részecskék környezeti hatásának, felhőképződési, illetve éghajlati vizsgálatai segítettek szerepük tisztázásához. Tudományszervezési eredménye a levegőkémiai kutatások magyarországi bevezetése és meghonosítása.

Több mint százötven tudományos publikáció szerzője vagy társszerzője.

Legutóbb, pár hónappal kilencvenedik születésnapja után a "Miért van élet a Földön?" címmel megjelenő könyvéről, a természet nagyszerűségéről és az egyetemes tudomány jelentőségéről beszélgetett Pósfai Mihály akadémikussal a VEAB Székház kertjében.

Díjai, elismerései:

- Akadémiai Díj (1979)
- Pro Natura emlékérem (1987)
- Schenzl Gidó-díj (1995)
- Szent-Györgyi Albert-díj (1997)
- Széchenyi-díj (1998) – A hazai levegőkémiai kutatások elméleti és gyakorlati megalapozásáért, a Környezettudományi Akadémiai Elnöki Bizottságban kifejtett sokoldalú munkásságáért, továbbá tudományos monográfiáiért és kiemelkedő színvonalú oktató munkájáért.
- A Magyar Köztársasági Érdemrend középkeresztje (2005)

Tisztelt Gyászoló Család, tisztelt búcsúzó és emlékező egybegyűltek, kedves barátaim!

Mészáros Ernő barátunk és kollégánk 1935-ben született, így az ország sorsát meghatározó, 20. századi történelmi események, társadalmi és politikai viharok szemtanúja és részese volt. Átéltte a budapesti német, majd szovjet megszállás, és a bombázások borzalmait. Ott volt az 1956 októberi békés felvonuláson, majd a forradalom eseményein. Pályafutásának jelentős részét a Kádár-rendszerben élte le.

Eredetileg bölcsésznek készült, de az akkori, a felsőoktatást is átható tervgazdálkodás keretében meteorológus hallgatónak vették fel az ELTE Természettudományi Karára. Kimagasló tehetségére és szorgalmára jellemző módon az egyetemen kiváló tanuló volt. Életrajzi kötetében leírtak szerint azonban az itt szerzett ismereteket kevésbé tartotta érdekesnek. 1956-tól egy évig Párizsban volt egyetemi hallgató, ami későbbi pályáját alapvetően meghatározta. Itt többek között felhőfizikát tanult, ami felkeltette érdeklődését. 1957. október 4-én kezdett dolgozni az akkori Meteorológiai Intézet Pestlőrinci Observatóriumában, az aerológia területén. A felhőcseppek keletkezéséhez szükséges légköri aeroszol részecskéket vizsgálta. Mivel a cseppekben légköri nyomgázok is oldódnak, eljutott a kén- és nitrogénvegyületek ciklusának tanulmányozásához, ami nemzetközi kitekintésben is egy éppen megszülető tudományterület volt, így a levegőkémiai tudományának egyik létrehozója lett. 1977-ben jelent meg az első levegőkémiai tankönyve magyarul, majd később angolul is, ami meghatározó egyetemi tananyagként szolgált hazai és külföldi egyetemeken egyaránt.

1976–1990 között az OMSZ KLFi igazgatójaként dolgozott. Az elnök Czelnai Rudolf, későbbi akadémikus társa volt, aki a tervgazdálkodás szűkre szabott lehetőségei között viszonylag szabadabb szakmai légkört teremtett a Szolgálat intézeteiben, háttérbe szorítva a politikai elvárásokat. Erről az időszakról Ernő így ír: azzal foglalkozhattam, ami érdekelt. Nem éreztem munkának, teljes szabadságom volt, főnökeim lényegben nem korlátoztak kutatói és irányítói munkámban.

Mi, akik Ernővel dolgozhattunk, jól emlékszünk, hogy munkánk során ismeretlenek voltak a hosszadalmas vezetői értekezletek, néhány tömondatban kimerítő igényességgel meg tudta fogalmazni a feladatokat, értékelni tudta elvégzett munkáinkat. Elvárta a kutatói önállóságot, ami számunkra szabadságot, de felelősséget is jelentett. A kutatási témák kigondolásában tanítványainál jóval távolabbra látott, pontosan felismerte a tudományterületi összefüggéseket, a továbblépés irányait, így a nemzetközi gyakorlathoz képest már évekkel hamarabb eredményeink lehettek például a légkör-bioszféra kölcsönhatások kutatásában, vagy a légköri szennyezőanyag-transzport folyamatok vizsgálatában. Nem csak a szűkebb értelemben vett

levegőkémia, hanem általánosságban a környezettudományok területén is kiemelkedő nemzetközi megbecsülést vívott ki már abban az időszakban is, amikor a külföldi kapcsolattartás és együttműködés a mainál összehasonlíthatatlanul nehezebb volt.

Igazi polihisztor volt. A meteorológia valamennyi tudományágát értette, érdemben állást tudott foglalni dinamikus meteorológiai, légkörfizikai, vagy éppen agrometeorológiai kérdésekben is. Nem csak a természettudományokban mozgott otthonosan és magabiztosan, de lenyűgöző irodalmi és történettudományi ismeretei is voltak, ezt jól illusztrálják megjelent szépirodalmi kötetei és műfordításai.

Kéttucatnyi megjelent könyve közül háromban társszerző lehettem, nagyszerű élmény volt közösen alkotni vele. A kezdeti szakkönyvek, monográfiák után az utóbbi évtizedekben holisztikusabb szemléletű munkákat írt és fordított. A Vonnegut testvérek a művészetek és a tudomány kapcsolatát boncolgatja, a Távoli világok a Földön kívüli élet lehetőségével foglalkozik, hogy végül eljusson a Miért van élet a földön? című kötetéhez, ami lényegében szintetizálja a földi környezet működéséről, fejlődéséről szerzett különleges ismereteit.

Ernő élete során minden jelentősebb kitüntetést megkapott. Munkájának hatása nem csak a tudománymetriai mutatókban, hanem tanítványai sikeres tevékenységében, valamint a hazai és külföldi tudományos intézmények elismeréseiben is tükröződik. Nincs olyan, a légkörtudománnyal foglalkozó jelentősebb európai vagy amerikai kutatóhely, ahol nevét és munkásságát ne ismernék, ne szerzett volna barátokat.

A szakmai féltékenység ismeretlen volt számára: egyenesen küldetésének tartotta a tehetséges fiatal szakemberek bevonását és gondozását, előrehaladásuk támogatását. Nincs hozzá hasonló tudós a szakmában, aki ilyen népes tanítványi gárdát gondozott, figyelve pályájuk minden lépéseit. Egészen egyedülálló módon, egymás után két kiemelkedő, nemzetközi hírű kutatóiskolát is létrehozott: az elsőt a Meteorológiai Szolgálatnál, a másodikat pedig a Pannon Egyetemen.

Nemcsak elsőrangú kutató, hanem kiváló előadó is volt. Egyetemi előadásai precízen felépítettek, jól érthetőek és rendkívül tartalmasak voltak, amihez lenyűgöző előadókészség társult.

Tehetségére és munkásságára a nemzetközi szakmai intézmények is felfigyeltek: 1976-tól 1994-ig az ENSZ Meteorológiai Világszervezet környezettudományi konzultánsa, a légszennyeződés-mérési, Budapesten létrehozott nemzetközi iskola vezetője. KLFI-s tanítványait is bevonta az oktatásba, a kurzusokon több száz hallgató végzett. Több éven át neves nemzetközi folyóiratok szerkesztőbizottságának tagja.

Ernő és tanítványai között szinte barátság is szövődött. Felejthetetlenek a Zircen töltött közös hétvégék, ahol feleségével, Ágival közösen láttak minket vendégül, a veszprémi és budapesti születésnap rendezvények, valamint a közös külföldi utazások. Rendszeres társasági programunkká vált az MTA osztályülések utáni közös ebéd és beszélgetés a belvárosi vietnámi étteremben. Karizmatikus egyénisége, műveltsége, utánozhatatlan stílusa és orgánuma a beszélgetések középpontjába emelte.

Kedves Ernő, az MTA, a Meteorológiai Szolgálat és tanítványaid nevében búcsúzunk Tőled, békességgel legyen Veled. Te bennünk élsz tovább!

Bozó László

Kedves Ernő!

A Pannon Egyetem és a Veszprémi Akadémiai Bizottság őszintén gyászoló közössége nevében tanítványodként, tisztelődként és barátodként szomorú szívvel veszek most végső búcsút Tőled. Viharos történelmi korszakok felett átívelő, olykor kalandos, gazdag és teremtett értékek örökségében bővelkedő életutad végére értél. Egy üstökösnek is becsületére válna, ahogy saját szavaiddal a „város pereméről” a tudomány és a szellem magaslataira emelkedtélt olyan társadalmi közegben, ami finoman szólva sem méltányolta ezen törekvéseket. Szüleidtől és kiváló tanáraidtól kapott útravalóval felvértezve, gyermekként a szegénység egyszerűségében megedződve vágtál neki kalandos életutadnak. Igazi reneszánsz ember voltál, akit nem származása vagy neveltetése, hanem tudásszomja és határtalan kitartása tett azzá. A tudomány nagyszerűsége mellett az egyetem emberi kultúra számos nagyszerű alkotásában is örömet lelted, és nemcsak egyszerű befogadóként, hanem például a VEAB elnökeként annak támogatójaként és terjesztőjeként, később íróként és műfordítóként. Van valami szimbolikus abban, hogy egyik utolsó alkotásod a Vonnegut testvérek egymásba fonódó életútját bemutató kettős életrajzi könyv műfordítása.

Az általad személyesen is ismert Bernard Vonnegut légkörkutatóként az időjárás nagyléptékű befolyásolásának módszereit tanulmányozva ért el örökérvényű szakmai eredményeket, öccse, Kurt Vonnegut pedig rendíthetetlen kitartással küzdötte fel magát az irodalom halhatatlanjainak sorába. Könyvedet olvasván az az érzés kerített hatalmába, hogy ez a két nagyszerű ember akár Te is lehetnél, egy személyben. Aki gyermeki kíváncsisággal fordultál a világ jelenségei felé, reneszánsz emberként tűnődött az élet nagy kérdésein, és csillapíthatatlan alkotásvágyadat szerető társad, Ági áldozatvállalásával és segítségével valóra is tudta váltani. A természet és benne a légkör titkait kutatva, az élet nagy kérdésein töprengve és mindvégig alkotva, vezetőként is távol tartottad magad az emberi játszmáktól és intrikáktól, amelyek oly sok emberi közösség életét megmérgezik. E kívülállásnak vagy inkább felülemelkedésnek köszönhetően mindenki, aki csak ismert, a legnagyobb elismerés hangján tudott rólad beszélni. A Veszprémi Egyetemen kovász voltál nemcsak az intézmény múltjában gyökerező, jövőorientált környezettudományok meghonosításában, hanem szelíd tekintéllyel a munkahelyi légkör viharainak elcsendesítésében is. Olyan mester voltál, akinek legfőbb vágya az volt, hogy minden tanítványa ki tudja bontakoztatni a benne rejlő tehetséget a tudomány és a társadalom javára. Önállóságra, becsületességre, őszinteségre, szorgalomra ösztönzést kaphattunk Tőled örökölni, no meg mindenekelőtt a tudomány szeretetét. A Belőled kiágazó tudományos családfa átszővi az egész országot, szakterületeden a világ meghatározó intézményeit, immár három generációt átívelően. Nem hiszem, hogy sokan vannak a világban olyanok, akik két intézményben is képesek voltak kiemelkedően sikeres tudományos iskolát alapítani és továbbörökíteni. Az pedig egészen biztosan páratlan, ahogy eredményeidnek köszönhetően egészen fiatalon, a vasfüggönytől innétől is képes voltál az emberiség jövőjét meghatározó új tudományterület, a légkörkémia alapító elit klubjának tagjává válni olyan világhírű tudósok társaságában, mint Christian Junge, Bert Bolin, vagy a későbbi Nobel-díjas Paul Crutzen. Nagy büszkeséggel olvastam nevedet a „légkörkémia Vatikánja”, a coloradói National Center for Atmospheric Research (NCAR) intézet falának dicsőségtablóján, és külföldön azt is sokaktól volt alkalmam hallani, hogy a levegőkémia alapjairól írt könyveddel légkörkutatók tízezreinek tudását alapoztad meg. Te vagy a levegőkémia Puskása, hogy kedvenc sportodból vett példát idézzek. Persze nagy kihívás ezeket a sikereket a felhígult

modern tudományok korlátok és gátlások nélküli, tudománymetria és pénz által uralt világában egyáltalán felfogni és értelmezni.

Kedves Ernő! Azzal kezdtem, hogy életed egy üstökös pályájának ívét járta be. Noha a hullócsillagok zöme egy szempillantás alatt lehull, és csóvájuk fénye hamar elenyésczik, az égen akad közöttük néhány különleges, amelyeknek fénye speciális természeti jelenségeknek hála sokáig fennmarad. Te egy ilyen üstökös voltál, csóvád fénye nekünk, akik

ismertünk, tiszteltünk és szerettünk, egész életünkben világítani fog. Kosztolányi Dezső szavaival „Akárki is volt ő, de fény, de hő volt.” Igen, csóvád fényénél meg lehet az igazságot látni, emberséged hője pedig melegíteni fog bennünket ebben a gyorsan hűlő és barátságtalanodó világban. Kedves Ernő, kívánom, hogy válj eggyé az Általad mindig csodált világegyetemmel, nyugodjál békében, Isten Vele!

Gelencsér András



Széchenyi Terv Plusz
Építsük együtt Magyarországot!

MAGYARORSZÁG KORMÁNYA

Az Európai Unió társfinanszírozásával

MIÉRT CSATLAKOZZ A KÖZÖSSÉGI MÉRŐHÁLÓZATHOZ?

Légy részese egy országos közösségnek, amely aktívan támogatja a meteorológia fejlődését!

- Élőben követheted környezeted időjárását és hozzáférhetsz a mért adatokhoz online
- Segíthetsz kiépíteni egy új lakossági mérőhálózatot a kritikus időjárási helyzetek pontosabb megismeréshez és a tudomány fejlődéséhez
- Csatlakozhatsz egy megfigyelői közösséghez, és megoszthatod tapasztalataidat az ország többi résztvevőjével

Több információ:
pwshalozat.met.hu

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG HÍREI

Beszámoló a Magyar Meteorológiai Társaság 2026. január - április közötti időszakáról

Az MMT szakosztályainak előadói

Szegedi Területi Csoport: 2026. január 18-án tartott online előadást: Yuchen Guo (Unger János, Molnár Gergely, Gál Tamás): *Machine learning and SHAP-based analysis of the temporal dynamics of urban thermal environment drives.*

Szombathelyi Területi Csoport: 2026. március 31-én szervezett előadó ülést, melyen Koroknai Anikó: *Azori Éden* címmel tartott előadást.

Éghajlati Szakosztály valamint a **Magyar Hidrológiai Társaság Hidraulikai és Műszaki Hidrológiai Szakosztályával** közösen tartott előadást 2026. március 10-én „A 2025-ös év meteorológiai és hidrológiai értékelése” címmel.

Program:

- **Szentes Olivér, Marton Annamária** (HungaroMet): *A 2025. év értékelése éghajlati szempontból*
- **Erdődiné Molnár Zsófia, Kovács Attila** (HungaroMet): *A 2025. év értékelése agrometeorológiai szempontból*
- **Csik András** (OVF): *A 2025. év hidrológiai jellemzése*
- **Szabó János Adolf** (HYDROInform), **Kis Anna PhD** (ELTE), **Lucza Zoltán** (FETIVIZIG): *Kombinált modellszimulációk alapján becsült klimatikus trendek várható hidrológiai válaszai a Felső-Tisza vízgyűjtőjén*

Agro- és Biometeorológiai Szakosztály a VEAB Agrártudományi Szakbizottság Növénytermesztési és Agrárdigitalizációs Munkabizottsága, a KITE Zrt, illetve a Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kara 2026. április 1-én közös előadást szervezett, melynek témája:

Riczu Péter: *A KITE Zrt. precíziós gazdálkodási rendszere - különös tekintettel az öntözésre*

Az MMT eseményei

Kocsmakvíz: 2026. február 18-án - immár negyedik alkalommal - rendeztük meg a meteorológiai kocsmakvízt, melyet a korábbiakhoz hasonlóan a Marximban tartottunk. Az eseményt jó kedv, remek hangulat és fogós kérdések jellemezték (1. kép).

Választmányi ülés: a Magyar Meteorológiai Társaság 2026. március 11-én tartotta meg az idei év első Választmányi ülését. A díjbizottságok képviselői ismertették a bizottságok által a különböző díjakra vonatkozó javaslatukat. Az előző választmányi ülés óta hatan kérték tagfelvételüket. A májusi tisztújító közgyűlés napirendi pontjait és a pécsi vándorgyűlés részleteit is megvitatták a jelenlévők.

Penci túra: a Magyar Meteorológiai Társaság 2026. március 27-én izgalmas szakmai kirándulást szervezett a penci Kozmikus Geodéziai Obszervatóriumba (2. kép), amely számos föld- és légkörfizikai észlelési technológiának ad otthont. Az obszervatóriumban többek között GNSS állomások működnek, itt található a HungaroMet QLC-50 automata mérőállomása, szeizmométer üzemel, abszolút gravimetriai pont található, valamint a LINET villámdektáló hálózat egyik mérőhelye is. Április 25-én Salavec Péter tagtársunk vezetésével mintegy 18 km-es túrát tettek Nézsza és Penc között a sportos tagtársaink, ők kívülről érintették az Obszervatóriumot.

Szőlő és Klíma konferencia: idén a 16. alkalommal rendezték meg a Szőlő és Klíma Konferenciát 2026. április 11-én Kőszeg városában, a Magyar Meteorológiai Társaság szombathelyi csoportjának és Kőszeg Városa szervezésében. Borvidéki bemutatók, történeti előadások, a szőlőtermesztés aktuális kihívásai voltak fókuszban, különös tekintettel a növényvédelmi problémákra és a klímaváltozás hatásaira. A szőlő aranyszínű sárgaság betegséggel való küzdelem is terítékre került. Ez a szőlőbetegség egy fitoplazma okozta, kabóca által terjesztett, karanténkötelezettségű betegség, amely súlyos termés kiesést és töképusztulást okozhat. A programot szakmai kávészünetek és borkóstoló is kísérte.



1. kép. A jó hangulatú meteorológiai kocsmakvízt idén a negyedik alkalommal rendezték meg.



2. kép. A penci Kozmikus Geodéziai Obszervatórium előtt 2026. március 27-én.



*Peremfelhő alatt
Borsics Gábor, Metfigyelő, Nemesbőd*



*Fraktálszerűen fodorózó konvekív felhők záporokkal a háttérben
Domány János, FelhőNézők, Dévaványa*



ÉGHAJLATVÁLTOZÁS
Nemzeti Laboratórium

klimavaltozas.org



Magyar Meteorológiai Társaság

A Társaság várja tagjai közé mindazokat, akik érdeklődnek a meteorológia iránt, részt kívánnak venni a Társaság rendezvényein, szívesen bekapcsolódnának tevékenységébe.

www.mettars.hu

METEOROLÓGIAI INFORMÁCIÓK ÉS ÉRDEKESSÉGEK
ELŐREJELZÉS, VESZÉLYJELZÉS, RIASZTÁS
AKTUÁLIS, MÉRT ADATOK, ÉGHAJLAT
LÉGSZENNYEZETTSÉG
KÖRNYEZETVÉDELEM



www.met.hu

Minden információ egy helyen az időjárásról és a meteorológiáról

HUNGAROMET NONPROFIT ZRT.